

La dépollution dans les pays en transition est-elle volontaire ? Le cas des émissions industrielles de carbone

Natalia Zugravu, Katrin Millock, Gérard Duchêne

▶ **To cite this version:**

Natalia Zugravu, Katrin Millock, Gérard Duchêne. La dépollution dans les pays en transition est-elle volontaire ? Le cas des émissions industrielles de carbone. 2007. halshs-00143448

HAL Id: halshs-00143448
https://shs.hal.science/halshs-00143448

Submitted on 25 Apr 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Documents de Travail du
Centre d'Economie de la Sorbonne

CES Working Papers

La dépollution dans les Pays en Transition est-elle volontaire ? Le cas des émissions industrielles de carbone

Natalia ZUGRAVU, Katrin MILLOCK, Gérard DUCHENE

2007.05

CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Maison des Sciences Économiques, 106-112 boulevard de L'Hôpital, 75647 Paris Cedex 13
http://ces.univ-paris1.fr/CESPublicat.htm
ISSN en cours d'attribution

La dépollution dans les Pays en Transition est-elle volontaire ?
Le cas des émissions industrielles de carbone

Natalia ZUGRAVU
Allocataire de l'ADEME et doctorante
Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
Maison des Sciences Economiques
106/112 Bd. de l'Hôpital
75647 Paris Cedex 13, France
e-mail: nzugravu@yahoo.com

Katrin MILLOCK
Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, CNRS
Maison des Sciences Economiques
106/112 Bd. de l'Hôpital
75647 Paris Cedex 13, France
e-mail: millock@univ-paris1.fr

Gérard DUCHENE
ERUDITE, Université Paris 12
61, avenue du Général de Gaulle
94010 Créteil Cedex, France
e-mail: duchene@univ-paris12.fr

La dépollution dans les Pays en Transition est-elle volontaire ? Le cas des émissions industrielles de carbone

_____

Document de travail: Janvier 2007
VERSION PROVISOIRE

Résumé

Les pays en transition ont considérablement réduit leurs émissions de CO_2 entre 1996 et 2001. Cette performance est-elle due à l'application d'une politique volontariste de la part des gouvernements, ou bien est-elle un simple effet collatéral de la transformation industrielle majeure subie par ces pays ? Le but de cette étude est de répondre à cette question en construisant un modèle des relations complexes qui s'établissent entre la qualité de l'environnement, la croissance et la sévérité de la réglementation environnementale. Nous développons deux équations structurelles pour la demande (émissions) et l'offre (politique) de pollution. L'équation de l'offre prend en compte la qualité institutionnelle du pays (le contrôle de la corruption et la stabilité politique), aussi bien que les préférences des consommateurs pour la qualité de l'environnement, représentées dans cette étude par le revenu net par habitant et le niveau du chômage. Pour une analyse comparative, le système de ces équations simultanées est testé empiriquement par la méthode d'estimation des triples moindres carrés, pour un échantillon composé de trois groupes de pays: pays de l'Europe Centrale et de l'Est, de l'Europe de l'Ouest et pays émergents. Nos résultats montrent que, toute chose égale par ailleurs, l'effet d'échelle seul aurait expliqué une augmentation de 44,6% des émissions industrielles de CO_2 dans les pays en transition entre 1996 et 2001. L'effet de composition aurait déterminé une réduction de 16% de ces émissions. Finalement, l'effet technique a eu l'impact marginal le plus important, correspondant à une réduction de 37,4% des émissions industrielles de CO_2.

Codes JEL: C33, D72, P5, P27, Q53, Q58.

Mots-clés : transition; émissions CO_2; politique environnementale; effet d'échelle, de composition et technique.

Nous remercions Jean-Louis Arcand, Pascal Combes-Motel et Ariane Tichit, ainsi que des participants aux séminaires du CERDI et du CES, pour leurs commentaires sur des versions précédentes de cet article. Nous remercions également les collaborateurs de l'ONUDI et de l'AIE pour leur gentillesse et le soutien qu'ils ont apporté à la recherche en nous fournissant les données indispensables à cette étude.
Natalia ZUGRAVU remercie en particulier l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) pour le support financier accordé pour la réalisation de sa thèse de doctorat et donc de cet article.

Emission reductions in transition economies:
A result of output contraction or more stringent environmental policy?

This Draft: January 2007

Abstract

Countries in Central and Eastern Europe significantly reduced their CO_2 emissions between 1996 and 2001. Was this emission reduction just the fortuitous result of the major economic transformation undergone by those countries in the transition away from a centralized plan economy? Or is the emission reduction rather a result of more stringent environmental policy? The objective of the article is to answer this question through a model of the relation between environmental quality and enforcement, on the one hand, and environmental quality and economic growth, on the other hand. We develop structural equations for the demand (emissions) and supply (environmental stringency) of pollution. The supply equation takes into account the institutional quality of the country (control of corruption and political stability) as well as consumer preferences for environmental quality, as proxied by per capita revenue and unemployment. The system is estimated by three stage least squares on a sample of three groups of countries for comparative analysis: Central and Eastern European countries, Western European countries, and emerging economies. The results indicate that, all else equal, the scale effect on its own would have increased industrial CO_2 emissions in the Central and Eastern European countries in our sample by 44.6% between 1996 and 2001. The composition effect accounted for a corresponding reduction in emissions by 16%. The technique effect had the largest marginal impact, corresponding to a 37.4% reduction in emissions.

JEL codes: C33, D72, P5, P27, Q53, Q58.

Keywords: transition; CO_2 emissions; environmental policy; scale, composition and technique effects.

Introduction

La désagrégation de l'ex-URSS et les changements qui ont eu lieu dans l'Europe Centrale et Orientale à la fin des années 1980 et au début des années 1990 ont fait découvrir l'état environnemental désastreux de cette région du monde. Bien que ces pays soient très différents, la planification centralisée de l'activité économique avait engendré des problèmes écologiques similaires: niveaux de pollution industrielle souvent menaçants pour la santé humaine; forte pollution de la terre et de l'eau (particulièrement dans l'ancienne Union Soviétique); négligence persistante vis-à-vis de la sécurité nucléaire et de la gestion des déchets, etc. La transition vers l'économie de marché et la démocratie devrait à long terme éliminer les incitations perverses qui avaient engendré ces problèmes majeurs. En fait, la pollution est une externalité négative du processus de production qui, pour être réduite, doit être d'une manière ou d'une autre internalisée et le rôle de l'Etat et de sa politique environnementale sont cruciaux en cette matière. Le rôle de la politique environnementale prend tout son sens lorsqu'il s'agit d'une société démocratique, dont les citoyens et leurs associations ont la possibilité de faire pression sur le gouvernement et les entreprises polluantes afin d'imposer une limitation de la pollution et de rendre la réglementation plus efficace.

Un fait majeur du processus de la transition en Europe Centrale et Orientale est que le passage à l'économie de marché et à la démocratie a été salutaire pour l'environnement, en particulier dans le cas de la qualité de l'air et de l'eau. Les émissions de polluants de l'air et de l'eau les plus importants ont décliné rapidement et de façon massive dans la plupart des pays de la région au cours des années 1990. Des réductions de 30 à 70% des émissions de polluants tels que l'anhydride sulfureux, l'oxyde d'azote, les particules, le BOD, les solides et l'azote ont été typiques de la période 1993–2000 (Bluffstone [2006]).

Ces faits posent au chercheur plusieurs questions. A quel degré les industries très polluantes ont-elles réduit leurs émissions? Quels ont été les facteurs déterminants de ces déclins observés? La deuxième question est particulièrement intéressante, parce que plusieurs facteurs ont pu contribuer à la réduction des émissions dans la région, et il s'agit alors de mesurer l'impact de chacun. Parmi les facteurs clés mentionnés dans la littérature, on peut citer :

• La chute massive de la production industrielle, la quasi disparition des complexes militaro-industriels et le redéploiement de la production vers les activités de service par nature moins polluantes;

• L'augmentation des exportations vers l'Europe de l'Ouest et la nécessité de se mettre en conformité avec les normes internationales;

• L'augmentation de la dimension du secteur privé et la réduction de la participation de l'Etat dans la propriété des entreprises, ce qui aurait stimulé l'innovation et aurait permis une amélioration de la gestion des entreprises;

• L'accroissement des investissements étrangers avec leurs externalités technologiques assez importantes pour la modernisation des techniques de production et l'efficacité économique en général;

• Une mise en application de la politique de l'environnement plus conséquente par les autorités;

• L'intensification de la participation des citoyens dans la prise de décision et le meilleur fonctionnement des sociétés civiles, l'accentuation de la démocratie.

Notons que certains de ces facteurs peuvent jouer en sens inverse : par exemple, les investissements directs étrangers (IDE) peuvent se concentrer sur des secteurs de production qui génèrent beaucoup de pollution en exploitant les failles administratives de nouveaux Etats encore mal organisés. Par ailleurs, parmi ces facteurs, certains ont fait l'objet de controverses dans le monde de la recherche. Nous présentons ici, les relations qui existent entre la pollution de l'air et certains de ses déterminants les plus étudiés

actuellement: la croissance économique, la réglementation environnementale et l'ouverture commerciale, mais peu analysés dans le cas spécifique des pays en transition.

Les chercheurs énumèrent souvent trois variables ou canaux d'influence qui peuvent déterminer les impacts économiques globaux de la croissance ou du commerce sur l'environnement.

- Le premier est *l'échelle* de l'activité économique. Pour des raisons physiques, toutes choses égales par ailleurs, plus de production implique plus de pollution. Mais en pratique les autres facteurs ne sont pas constants. Une amélioration de la technologie, par exemple, est susceptible d'atténuer cette relation.

- Le second est *la structure* de l'activité économique. Le commerce international et la croissance peuvent déplacer la production d'un secteur à l'autre (par exemple entre les secteurs agricole, manufacturier et des services). Etant donné que le dommage environnemental par unité de production varie selon le secteur, l'effet sur la pollution totale d'une croissance ou d'un commerce biaisés en faveur d'un secteur peut modifier la pollution.

- Le troisième est *la technologie*. Le même produit peut être fabriqué en utilisant une variété de techniques assez différentes, les unes plus « propres » que les autres. En fonction de l'utilisation de techniques plus ou moins propres, la pollution par unité de PIB pourra diminuer ou augmenter.

La relation entre le PIB et la qualité de l'environnement est difficile à conceptualiser, et elle n'est certainement pas toujours stable. Cette relation est rarement monotone: parfois la croissance économique d'un pays est d'abord néfaste pour l'environnement, et elle devient bénéfique plus tard. L'explication réside dans les trois forces conflictuelles mentionnées. D'un côté, lorsque le PIB augmente, l'accroissement de l'échelle de la production mène directement à plus de pollution. D'un autre coté, il y a une tendance à des changements favorables dans la structure et les techniques de production. La question est de savoir si les deux derniers effets peuvent compenser le premier. Dans une des sections suivantes nous présentons quelques études analysant ces aspects et leurs résultats empiriques (voir aussi Dean [1992] et [2002], pour une plus ample revue de la littérature).

Le but principal de notre étude est d'identifier et d'analyser les facteurs déterminants des changements positifs de la qualité de l'air observés dans les pays en transition. Etant donné que ces changements ont été très importants et rapides, leur meilleure compréhension devrait engendrer des enseignements pour les autres pays du monde, qu'ils soient ou non impliqués dans un processus de transition. Les facteurs potentiels qui ont contribué aux performances environnementales dans les pays en transition peuvent être groupés en deux catégories: l'évolution du contexte économique (la croissance économique, le changement de la structure économique et industrielle, l'ouverture commerciale etc.) d'une part, et l'amélioration de la politique et de la gestion environnementales due au progrès de la démocratisation, d'autre part.

La transition a mené à une reconnaissance de l'importance de la qualité de l'environnement, qui a connu une dégradation dramatique à l'époque du communisme ; tous les pays de l'Europe Centrale et Orientale cherchent maintenant à rendre leur politique environnementale plus efficace. Dans un climat de changements politiques et économiques fondamentaux, l'importance d'une politique environnementale efficace apparaît plus clairement que dans les pays où les transformations institutionnelles sont plus lentes (pays émergents « classiques »). Cependant, bien que les pays en transition aient réalisé beaucoup de progrès dans la réforme de leurs politiques environnementales, il y a encore beaucoup d'aspects à améliorer. C'est pourquoi l'analyse du deuxième groupe de facteurs est d'un grand intérêt pour cette étude, qui, en plus de l'impact des changements économiques, cherche à identifier le rôle des institutions environnementales dans la réduction de la pollution industrielle.

La contribution de cet article réside dans l'estimation empirique des trois effets (d'échelle, de composition et technique) de la croissance sur la pollution industrielle par le dioxyde de carbone dans les pays en transition ; jusqu'à présent, ces pays ont été peu

étudiés dans ce domaine. Un autre apport de l'article est l'estimation empirique d'un système de deux équations simultanées: l'offre et la demande de pollution ; cette méthodologie permet d'analyser simultanément les effets sur la pollution industrielle de l'air de plusieurs facteurs, tels que le changement de la structure économique et industrielle, la croissance économique, l'ouverture commerciale, ainsi que l'influence de la politique environnementale, expliquée à son tour par les préférences des consommateurs par rapport à la qualité de l'environnement et par la pression sociale, la corruption, l'instabilité politique etc. Pour notre spécification de la *demande de pollution*, nous adoptons en tant que référence le modèle d'Antweiler, Copeland et Taylor [2001] qui prend en considération les trois effets de la croissance sur l'environnement mentionnés précédemment. Nous étendons ce modèle en détaillant davantage l'effet de composition. Dans le modèle d'Antweiler, Copeland et Taylor [2001], cet effet résulte du changement de la part du seul secteur polluant (un secteur agrégé) dans l'économie totale. Pour notre part, nous voulons prendre en considération le modèle de développement spécifique des pays en transition qui n'ont pas connu seulement des changements du poids du secteur manufacturier dans l'économie, mais aussi des transformations importantes à l'intérieur même de l'industrie. La production s'est déplacée dans beaucoup de pays de l'industrie lourde à l'industrie légère et de transformation. Ce phénomène peut avoir un impact important sur la pollution tout en gardant constante la part du secteur manufacturier dans l'économie. Dans ce contexte, nous remplaçons le secteur polluant du modèle d'Antweiler, Copeland et Taylor [2001] par un secteur industriel désagrégé composé de plusieurs sous-secteurs avec des intensités de pollution différentes. La contribution du papier réside alors dans un résultat empirique très important que nous obtenons : si l'effet de composition était pris en compte seulement par l'importance du secteur manufacturier dans l'économie, l'effet d'échelle n'aurait pas été compensé par les deux autres effets (car nous trouvons un impact statistiquement non significatif de l'évolution du secteur manufacturier). Mais en tenant compte des changements dans la structure industrielle du pays, les effets de composition et technique, agissant négativement sur la pollution dans le cas de notre échantillon, réussissent à compenser l'effet d'échelle. Pour tenir compte de la relation complexe entre les émissions et la réglementation environnementale, et le problème d'endogénéité qui en résulte, nous avons besoin de spécifier l'équation de la formation de la politique. L'importance dans les pays en transition des facteurs tels que la corruption et l'instabilité politique nous conduit à utiliser la démarche de modélisation de *l'offre de pollution* développée dans Fredriksson et Svensson (2003), en ajoutant le rôle des préférences des consommateurs pour la qualité de l'environnement. Pour finir avec l'apport méthodologique de cette étude, si Antweiler, Copeland et Taylor [2001] modélisent l'offre et la demande de pollution et testent économétriquement leur modèle avec une seule équation, en appliquant des corrections pour éviter les biais de simultanéité entre les variables déterminant la pollution et la réglementation en même temps, nous plaidons pour notre part pour une technique économétrique corrigeant elle-même de tels biais et permettant de garder la forme structurelle du modèle – estimation par la méthode des triples moindres carrés d'un système d'équations simultanées. Notre modèle est testé pour une quarantaine de pays très différents: développés, en développement et en transition. Mises à part ces particularités, une autre contribution de l'article est la compilation d'une importante base de données, comprenant des statistiques de pollution, de corruption, d'instabilité politique, de degré de démocratisation, ainsi que les valeurs ajoutées de différents secteurs industriels etc. Finalement, l'aspect le plus original est la création d'un indice complexe qui évalue de façon comparative la sévérité de la politique environnementale dans les divers pays.

Nos résultats empiriques confirment l'existence d'un effet d'échelle, de composition et technique, le dernier ayant l'impact marginal le plus important sur les émissions industrielles de CO_2. Plus précisément, les performances environnementales en termes d'émissions industrielles de CO_2 enregistrées dans les pays en transition entre 1996 et 2001 peuvent être expliquées par les facteurs suivants : le changement de la structure industrielle en faveur des secteurs moins intensifs en pollution, qui a déterminé une réduction de 16% de la pollution, et l'amélioration de la politique environnementale, qui explique à son tour une réduction d'environ 38%; par contre, la croissance de la production a exercé un effet négatif sur l'environnement (entraînant une augmentation de 45% de la pollution). Nous trouvons

aussi un impact significatif (ambigu : effet direct positif et indirect négatif, passant par l'intermédiaire de la sévérité de la réglementation) de l'ouverture commerciale sur la pollution industrielle de dioxyde de carbone. Pour conclure, la réduction des émissions de CO_2 dans les pays en transition entre 1996 et 2001 peut être considérée plutôt comme le résultat d'une amélioration du cadre institutionnel dans lequel évolue les politiques environnementales, que le résultat d'un seul effet de restructuration industrielle.

Le papier est construit en six sections. Dans une première section nous présentons la littérature pertinente en spécifiant les particularités de notre étude. Dans la deuxième section, nous présentons quelques faits stylisés relatifs à l'évolution de la pollution dans les pays en transition. Dans la section suivante nous décrivons brièvement le modèle théorique donnant les spécifications économétriques pour l'analyse des déterminants des performances environnementales dans les pays en transition (réduction de la pollution industrielle de l'air). Une quatrième section présente le modèle économétrique et les données utilisées dans cette étude. La cinquième section analyse les résultats empiriques et les compare aux résultats d'autres études. La dernière section conclut.

1 Revue de la littérature

Plusieurs analyses de données soit en coupe transversale sur divers pays, soit en série temporelle, ont permis aux chercheurs de généraliser quelques résultats des trois effets conflictuels de la croissance économique sur l'environnement. Pour certaines variables environnementales, une relation « en cloche » apparaît : à un niveau faible de revenu par personne, la pollution est en règle générale faible ; à partir de là, la croissance économique mène à une pollution de plus en plus intense jusqu'à ce que celle-ci se stabilise à un niveau de revenu par tête intermédiaire, au-dessus duquel toute croissance supplémentaire se traduit alors par une amélioration de la qualité de l'environnement ; aux niveaux de revenu par tête élevés, la pollution est relativement limitée. Cette relation empirique est connue sous le nom de Courbe Environnementale de Kuznets (CEK). Grossman et Krueger [1993, 1995] ont découvert cette particularité statistique pour un groupe de pays étudiés en coupe transversale. Ils trouvent la relation de Kuznets pour la pollution urbaine de l'air (SO_2 et fumée) et plusieurs mesures de la pollution de l'eau. Grossman et Krueger [1995] ont estimé que la pollution par le SO_2 atteint un niveau maximal lorsque le PIB par tête est approximativement $5,000-$6,000 (en dollars 1985). Selden et Song [1994] trouvent une relation similaire pour le SO_2, les particules de matière en suspension (PM), les oxydes d'azote (NO_x) et l'oxyde de carbone. Parmi des études plus récentes, Hilton et Levinson [1998] trouvent une relation en cloche pour les émissions polluantes de plomb des automobiles et Bradford, Schlieckert et Shore [2000] trouvent l'existence d'une CEK pour l'arsenic, le CO_2 et le SO_2. Bimonte [2001] trouve aussi cette relation pour le pourcentage de la terre sous protection dans le territoire national. Harbaugh, Levinson, et Wilson [2000] affirment cependant que cette relation est très sensible à la forme fonctionnelle ainsi qu'à la mise à jour de l'ensemble de données, entre autres.

L'idée qui est à la base de la CEK est que la croissance économique est mauvaise pour la qualité de l'air et de l'eau pendant les étapes initiales de l'industrialisation, mais plus tard, une fois que le pays devient assez riche pour être en mesure d'assumer le coût de la qualité de son environnement, la croissance contribue à la réduction de la pollution. L'explication théorique dominante est que la technologie de production rend une certaine pollution inévitable, mais la demande de qualité de l'environnement augmente avec le revenu. Une condition nécessaire pour que cette demande soit satisfaite est l'existence des libertés civiles dans la société, de la démocratie. Or, dans un pays totalitaire, vue la très faible capacité de pression de la population sur le gouvernement, une croissance du revenu net par habitant ne se traduit pas obligatoirement par une réduction de la pollution, malgré les préférences accrues pour la qualité de l'environnement ; cet effet pourrait expliquer les très hauts niveaux de pollution en présence d'un niveau de revenu par tête relativement élevé, qui étaient typiques des régimes communistes. Ainsi, dans une société démocratique, à des niveaux élevés du revenu par personne, la croissance augmente la demande publique pour la qualité de l'environnement, et cette demande peut se traduire par une meilleure

réglementation environnementale. A condition d'être efficace, la réglementation environnementale contribue alors à un environnement de meilleure qualité. Elle fonctionne principalement à travers le canal des techniques, en encourageant ou exigeant l'usage des techniques plus propres.

Une autre explication possible pour la relation présentée par la CEK est qu'elle se forme naturellement via la composition de la production, et que sa forme en cloche n'est que le reflet de la courbe en cloche que suit la part de l'industrie dans le PIB en fonction du niveau de développement (voir Arrow et al. [1995]).

Il paraît logique que la réglementation environnementale coûte quelque chose, ait un effet négatif sur la productivité et le revenu par tête. Les tests coûts-bénéfices et les stratégies de minimisation des coûts sont des outils très utilisés par les économistes en vue de s'assurer que les politiques assurent un meilleur environnement pour un coût économique donné, ou le moindre coût économique pour un but environnemental donné. Une autre école de pensée soutient que l'on peut simultanément maintenir les coûts constants tout en améliorant l'environnement. Ainsi, Porter affirme qu'une réglementation environnementale plus sévère stimule l'innovation technologique et qu'elle a dans ces conditions des effets positifs à la fois sur l'économie et l'environnement ; ce double effet peut s'opérer par exemple par le biais des économies d'énergie (Porter et van der Linde [1995]). Le raisonnement analytique n'est pas toujours clair chez ces auteurs. Leur hypothèse pourrait éventuellement s'expliquer par le principe du *« first mover advantage »*. S'il y a par exemple dans le monde une tendance à la recherche de sources d'énergie renouvelable, alors le pays qui innove avec de telles technologies avant les autres aura l'avantage de vendre ces technologies aux retardataires (Xepapadeas et de Zeeuw [1999]).

Si l'on se tourne maintenant vers les relations entre commerce international et environnement, Eiras et Schaeffer [2001] trouvent que l'indice moyen de l'environnement durable dans les pays ayant une économie ouverte est au moins 30 pour cent plus élevé que les mêmes indices des pays modérément ouverts, et presque deux fois plus élevé que les indices des pays à économie fermée. On pourrait donc penser que le commerce est bon pour l'environnement. Pourtant, ces résultats pourraient être expliqués par l'hypothèse de Porter – la réglementation environnementale stimule la productivité, qui est un facteur très important pour les performances commerciales. Autre possibilité, ces résultats pourraient être dus à la démocratie qui est à son tour liée au revenu et au commerce. Finalement, il reste beaucoup d'autres facteurs possibles et la causalité entre ouverture et environnement n'est pas toujours claire.

Plusieurs études ont cherché à isoler l'effet indépendant de l'ouverture commerciale. Lucas, Wheeler et Hettige [1992] étudient l'intensité toxique induite par la composition de la production manufacturière dans un échantillon de 80 pays. En analysant les émissions toxiques totales par unité de production, ils ont identifié la sidérurgie, la chimie, et les fabrications du ciment, de la pulpe et du papier, comme les secteurs industriels les plus polluants. Les auteurs ont constaté que les industries fortement polluantes ont augmenté plus rapidement dans les pays en développement, mais cette tendance a été plus caractéristique pour les économies relativement fermées et à croissance rapide, que pour les pays les plus ouverts. Harbaugh, Levinson et Wilson [2000], après avoir contrôlé pour le revenu, font apparaître un effet bénéfique du commerce sur les concentrations d'oxyde de soufre. Dean [2002] développe un système de deux équations simultanées pour estimer les effets de l'ouverture économique sur la croissance des revenus et de l'augmentation de ces derniers sur la pollution de l'eau dans les provinces chinoises entre 1987-1995. L'auteur trouve que la libéralisation commerciale aggrave directement la pollution de l'eau, mais l'atténue indirectement par l'intermédiaire de son effet sur l'augmentation des revenus. Des simulations suggèrent que la réforme du commerce pendant la période étudiée aurait eu un impact net bénéfique sur la pollution de l'eau. Copeland et Taylor [2001, 2004] développent un cadre théorique complexe présentant et discutant, avec références aux différentes études empiriques, les diverses relations entre la croissance, le commerce et la politique environnementale, telles que : la courbe environnementale de Kuznets, l'hypothèse des « refuges de pollution » et de la concurrence internationale en termes de réglementation

environnementale, la substituabilité entre les tarifs commerciaux et les taxes de pollution etc. Antweiler, Copeland et Taylor [2001] présentent une recherche empirique focalisée explicitement sur les effets du commerce sur l'environnement et sont les premiers à avoir séparé et testé économétriquement l'ampleur des trois effets (échelle, composition et technique). Ils concluent que la libéralisation des échanges, en élevant l'échelle de l'activité économique de 1%, contribue à l'augmentation des concentrations de SO_2 de 0,25 à 0,5% par l'intermédiaire de l'effet d'échelle, mais l'effet technique accompagnateur réduit les concentrations de 1,25 à 1,5% de telle sorte que l'effet total est finalement bénéfique. Frankel et Rose [2005] trouvent, pour un niveau donné de revenu, des effets du commerce sur plusieurs mesures de pollution de l'air (SO_2 et NO_x) qui sont plutôt bons que mauvais. Pourtant, aucune de ces études ne mentionne le problème de l'endogénéité du commerce international : celui-ci peut être un résultat plutôt qu'un facteur causal.

Des études dans le domaine de la réglementation environnementale argumentent souvent que la présence de corruption, d'instabilité politique et l'absence de démocratie induisent des effets socialement sous-optimaux de la politique gouvernementale. Des études empiriques sur les effets de l'instabilité politique (Alesina et Perotti [1996], Alesina et al. [1996], Svensson [1998]), de la corruption (Lopez et Mitra [2000], Fredriksson et Svensson [2003], Damania, Fredriksson et List [2003, 2004], Welsch [2003], Damania, Fredriksson et Mani [2004], Pelligrini et Gerlagh [2005]) et de la démocratie (Fredriksson et al. [2005] et Pelligrini et Gerlagh [2005]) vont toutes dans le même sens. Söderholm [2001], en se concentrant sur le cas russe, identifie et discute plusieurs raisons de la difficulté de rendre le système des taxes de pollution efficace dans une économie où les anciens modèles juridiques et comportementaux sont encore présents. Des obstacles institutionnels au niveau de la firme et des régulateurs russes sont discutés. L'auteur conclut qu'il est probablement plus approprié de ne pas regarder les problèmes de l'environnement dans les économies en transition comme des imperfections du marché, mais plutôt comme des résultats d'inertie institutionnelle dans les systèmes économiques et politiques. En conséquence, le choix de la stratégie de contrôle de la pollution devient beaucoup plus complexe que celui expliqué par la théorie économique.

Plusieurs études théoriques et empiriques ont montré que la démocratie et la corruption influencent fortement la politique environnementale des pays en transition (évidemment en sens contraire l'une de l'autre). Pellegrini et Gerlagh [2005a] analysent empiriquement la démocratie et la corruption comme déterminants importants de la mise en conformité. Quand ces variables sont incluses conjointement comme variables explicatives, on trouve un impact négatif très important de la corruption sur les politiques de l'environnement, tandis que la démocratie a un impact positif très limité. Dans le contexte de la CEK, les auteurs trouvent que le désordre institutionnel qui affecte les pays en voie de développement empêcherait ces derniers d'avoir une mise en œuvre efficace de la politique de l'environnement combinée avec des revenus croissants. Finalement, les auteurs suggèrent qu'une réduction du niveau de corruption induirait des taux de croissance plus élevés et des politiques de l'environnement plus strictes. L'amélioration institutionnelle est donc fortement souhaitable afin de réussir un développement durable. L'impact de la corruption sur la politique environnementale a été étudié dans d'autres articles récents (Damania, Fredriksson et List [2003], Damania, Fredriksson et Mani [2004], Welsch [2003], Makdissi et Wodon [2003]) qui vont dans le même sens. La corruption agit négativement sur la qualité de l'environnement d'abord, par son effet direct sur la politique et ensuite, indirectement, en réduisant le revenu réel. L'effet de la corruption domine souvent celui du PIB par tête dans l'explication de la qualité de l'environnement. Il faut donc assurer dans un premier temps une convergence des niveaux de corruption des pays en transition avec ceux des pays développés (l'Union Européenne par exemple) pour favoriser une convergence économique et améliorer par la suite la qualité de l'environnement.

Parmi les études cherchant à combiner plusieurs déterminants de la politique environnementale pour une analyse de leurs effets joints, on peut citer par exemple Fredriksson et Svensson [2003], qui analysent les effets communs de l'instabilité politique et de la corruption sur la formation de la politique. Ces auteurs montrent que l'instabilité politique a un effet négatif sur la rigueur de la règlementation environnementale dans le cas

où le niveau de corruption est bas, mais un effet positif quand le degré de corruption est élevé. La corruption réduit la sévérité de la politique, mais cet effet disparaît avec l'augmentation de l'instabilité politique. Cole, Elliott et Fredriksson [2006] interagissent l'effet de la corruption sur l'environnement avec celui des investissements étrangers. Ils trouvent que lorsque le niveau de corruption est très important, les investissements directs étrangers induisent une politique environnementale moins sévère, et inversement. Damania, Fredriksson et List [2003] analysent l'effet combiné de l'ouverture commerciale et la corruption sur la sévérité de la politique environnementale. D'après leurs résultats empiriques, l'ouverture commerciale augmente la sévérité de la politique, tandis que la corruption la réduit. Les effets des deux variables sont interdépendants. L'ouverture commerciale a un impact sur la politique environnementale plus important dans des pays avec des gouvernements plus corrompus. De plus, une réduction de la corruption a un effet plus grand sur la politique lorsqu'on est dans une situation d'autarcie.

2 Faits stylisés

Dans cette étude nous avons choisi de faire une analyse comparative des pays en transition avec d'autres pays plutôt qu'une étude au sein du groupe, pour identifier les particularités de développement de ces pays et/ou formuler des politiques alternatives pour les pays en transition, en suivant l'exemple des pays plus performants. Pour rendre les résultats empiriques comparables entre les pays, nous avons réduit le groupe des pays développés dans le monde aux pays développés européens seulement (vue la proximité culturelle, historique et géographique) et parmi les pays en développement, nous n'avons retenu que des économies émergentes[1] (les plus proches des pays en transition). Etant donné le nombre des points manquants dans la base de données sur les valeurs ajoutées des sous-secteurs industriels (INDSTAT3) pour certaines années, secteurs et pays, les estimations économétriques vont porter sur un nombre réduit de pays : 41 pays en total, dont 9 en transition, 19 émergents et 13 développés (voir Annexe B).

Parmi les polluants industriels de l'air nous avons choisi le dioxyde de carbone (CO_2) pour plusieurs raisons. Tout d'abord, ce polluant est un gaz à effet de serre et constitue actuellement l'objet de grands débats et de négociations sur le plan international (protocole de Kyoto). Ensuite, le CO_2 est le seul polluant pour lequel il existe des données annuelles pour tous les pays en transition et toute la période de la transition (1990-2003, source AIE). La pollution par le CO_2 est due principalement à trois sources: le secteur résidentiel (logement et bureaux), l'industrie et les transports. La première source est très rigide et on ne peut guère attendre de réduction dans ce domaine. Dans les pays en transition, la part de l'industrie dans la pollution par le CO_2, bien que décroissante, reste largement supérieure à ce qu'elle est dans les pays développés. En 2001, par exemple, cette part était de 25% en Slovaquie et de 21% en Bulgarie, alors qu'elle n'était que de 14% environ en Allemagne ou au Royaume Uni. Quant aux transports, qui comptent pour ¼ de la pollution totale dans les pays développés, ils ne représentent qu'environ 10% dans les pays en transition. Il nous semble donc intéressant de nous concentrer sur les émissions industrielles de CO_2[2]. Finalement, le choix de l'étude du dioxyde de carbone a été déterminé par l'observation, pendant la dernière décennie, d'un phénomène assez intéressant quant à l'évolution des émissions industrielles de CO_2 dans les pays en transition. Si la première phase de réduction de ce type de pollution entre 1990 et 1994 (Figure 1 de l'Annexe A) a été plutôt due à la forte chute de la production totale et nous semble donc plutôt claire, alors la deuxième phase (1995-2000) a été accompagnée par une reprise économique: l'augmentation du PIB et d'autres facteurs doivent maintenant être pris en compte. Faut-il alors parler d'une meilleure

[1] **Pays émergent :** pays, jusque là sous développé, qui s'est donné les moyens (en particulier juridiques et culturels) qui l'amènent en phase de démarrage économique et de croissance rapide de la production et du niveau de vie. D'après *Morgan Stanley Emerging Markets Index* , juillet 2006, le statut de pays émergent peut être attribué entre autres aux pays suivants: Argentine, Brésil, Chili, Chine, Colombie, Egypte, Iran, Inde, Indonésie, Israël, Corée du Sud, Malaisie, Mexique, Maroc, Pakistan, Pérou, Philippines, Afrique du Sud, Sri Lanka, Taiwan, Thaïlande, Tunisie, Turquie, Venezuela.

[2] Sources : Eurostat pour les pays de l'UE et AIE, édition 2005, en particulier pour les pays en transition.

efficacité du processus de production en termes de pollution par le CO_2? C'est à cette question et à cette deuxième période que nous nous intéressons particulièrement dans cet article.

La première période de la transition, de 1990 à 1993 a été marquée par de fortes baisses concomitantes du PIB, de la production manufacturière et des émissions de CO2. Au cours des dix années qui suivent, les émissions se sont stabilisées malgré le redémarrage de la production industrielle et du PIB. On assiste donc à une amélioration de l'indicateur de pollution en proportion du PIB ou de la production manufacturière, et à un rattrapage progressif par rapport aux autres pays. Mais il n'en reste pas moins que la pollution par le CO2 reste encore en 2003 très supérieure (de l'ordre de deux fois) à ce qu'elle est dans les pays émergents et a fortiori dans les pays développés (Figures 3 et 4 de l'Annexe A).

L'évolution positive de l'indicateur d'émission par dollar de PIB (ou de production manufacturière) serait-elle expliquée par une meilleure efficacité environnementale de l'industrie ou plutôt par un changement dans la structure économique du pays ? On trouve une partie de la réponse dans la Figure 5 de l'Annexe A, qui nous montre une légère baisse de la part de l'industrie dans l'économie (même tendance pour le secteur agricole) et une forte croissance des services, enregistrant en moyenne 60% dans les économies des pays en transition vers la fin de l'année 2000. Cependant, d'autres causes peuvent avoir joué aussi : modernisation de la technique de production due à l'amélioration de l'efficacité de la politique environnementale ou à la meilleure gestion des entreprises, commerce extérieur exigeant une mise en conformité avec les normes internationales ou encore simple conséquence du changement de la structure industrielle des pays en transition. La Figure 6 de l'Annexe A montre que l'évolution de certains sous-secteurs industriels (Produits alimentaires, Machines et équipements, Produits du bois, Produits chimiques et Métallurgie), a pu contribuer à la stabilisation des émissions industrielles de CO_2. Parallèlement, la Figure 7 de l'Annexe A montre une forte augmentation de l'ouverture commerciale des pays en transition, allant de pair avec l'ouverture commerciale des pays développés européens et la dépassant même à partir de 2000. En même temps, étant moins bien classés que les autres pays en termes de sévérité de la politique environnementale[3] au début de la transition, principalement à cause d'une forte instabilité politique et d'un niveau élevé de la corruption, ces pays ont connu une amélioration de cet indice entre 1995 et 2001 (Figure 8 de l'Annexe A).

Toutes ces données factuelles conduisent à s'interroger sur le poids de chacun des facteurs évoqués dans l'évolution des émissions industrielles de CO_2 dans les pays en transition. L'analyse qui suit tente de répondre à cette question, tout d'abord en construisant un modèle théorique des relations entre les variables évoquées, puis en testant ce modèle sur les données disponibles et enfin en évaluant l'impact des variables causales identifiées sur la pollution.

3 Modèle théorique

Nous modélisons une petite économie ouverte composée d'un secteur non polluant qui produit un bien Y, utilisé en tant que numéraire, et de n secteurs polluants qui produisent des biens agrégés X_i, $i \in [1,n]$ avec des rendements d'échelle constants. L'utilité du consommateur est supposée quasi-linéaire dans la consommation des biens et de la désutilité de la pollution E :

$$U = c_Y + \sum u_i\left(c_{X_i}\right) - \eta E \qquad (1)$$

où c_Y et c_{X_i} sont la consommation du bien numéraire et des biens X_i ; u_i est une fonction croissante et concave en c_{X_i} ; E est la pollution; η est une mesure des préférences des

[3] Indice calculé par les auteurs. Voir la section 4 pour plus de détails.

consommateurs, pouvant prendre des valeurs comprises entre 0 et 1 en fonction de l'importance qu'ils donnent au bien public – l'environnement [4]. Etant donné un revenu R, la maximisation de l'utilité sous contrainte budgétaire donne $\frac{\partial u_i(c_{x_i})}{\partial c_{x_i}} = p_i$, dont l'inverse définit la demande du bien du secteur i en fonction de son prix relatif p_i : $d_i(p_i)$. Le surplus du consommateur peut ainsi s'écrire:

$$S = \sum u_i[d_i(p_i)] - \sum p_i d_i(p_i).$$

Etudions maintenant de près le comportement d'une entreprise représentative du secteur *i*. La pollution est générée par la production des biens x_i. L'entreprise a accès à une technologie de réduction de la pollution. Suivant Antweiler, Copeland et Taylor [2001], si une entreprise a une production totale de x_i unités et alloue x_{ai} unités pour réduire la pollution, $h_i = x_{ai}/x_i$ peut être une mesure de l'effort de réduction de la pollution de l'entreprise représentative du secteur i. Le paramètre h_i représente donc l'effort de dépollution dans le secteur. Pourtant, à cause des technologies de production différentes dans les secteurs i et donc des montants différents de x_{ai} nécessaires pour réduire d'une unité les émissions de polluants, les entreprises de différents sous-secteurs industriels soumis à la même réglementation environnementale ont des degrés de réduction de la pollution différents. La pollution par unité de production du secteur i, qui est la même pour toutes les entreprises du secteur, peut être écrite comme une fonction de l'effort de réduction de la pollution $\theta_i = \theta_i(h_i)$, avec $\theta_h < 0$ et $\theta_{hh} > 0$ correspondant aux rendements décroissants dans le processus de dépollution.

Nous modélisons la réglementation environnementale par le biais d'une taxe sur la pollution où le niveau de la taxe représente la sévérité de la politique environnementale.[5] Etant donnée une taxe de pollution t non nulle, les profits d'une entreprise produisant un bien polluant sont donnés par ses revenus après la déduction des paiements des facteurs, des taxes de pollution et des coûts liés à la réduction de la pollution. En utilisant la définition de h_i, on peut écrire les profits de l'entreprise représentative du secteur i (avant un éventuel paiement de pot-de-vin)

$$\pi_i = [p_i(1-h_i) - c_i - t\theta_i(h_i)]x_i \qquad (2)$$

où π_i dénote le profit et c_i le coût marginal (des facteurs de production) du secteur *i*, supposé constant, p_i le prix du bien du secteur i.

Avec l'hypothèse des rendements d'échelle constants (pour des raisons de simplicité), le niveau de production est indéterminé. Étant donné que l'objectif est de déterminer l'effet de la taxe sur la pollution, l'effort de dépollution est une variable clé de notre modèle théorique, dont la condition de premier ordre s'écrit :

---

[4] η est considéré ici comme un paramètre non observable. Nous proposons plus loin de lui substituer des variables proxy, avec par exemple $\eta = \eta(R)$, où R est le revenu, variable qui déterminerait l'intérêt des consommateurs pour l'environnement et pourrait être utilisée comme proxy pour les préférences des individus pour la qualité de l'environnement. Mais η pourrait dépendre d'autres facteurs : taux de chômage, taux de mortalité dû aux maladies causées par la mauvaise qualité de l'environnement, accès aux ressources naturelles, eau potable etc. (voir la section suivante pour l'explication du choix de deux variables proxies : revenu net par habitant et taux de chômage).

[5] L'hypothèse d'une taxe unique ne limite pas l'analyse pour les émissions de CO_2, le polluant étudié ici, étant donné que c'est un polluant uniforme pour lequel la même taxe optimale doit s'appliquer.

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial h_i} = -p_i x_i - t\theta_i'(h_i)x_i = 0 \quad (3)$$

L'Equation (3) compare le coût marginal de réduction de la pollution avec le gain marginal (réduction de la taxe de pollution).

Nous avons donc la condition de premier ordre pour le choix de h_i :

$$p_i = -t\theta_i'(h_i) \quad (4)$$

qui implique $h_i = h_i(t/p_i)$ avec $h_t > 0$ et donc $\theta_i = \theta_i(t/p_i)$ avec $\theta_t < 0$, $\theta_{tt} > 0$. (5)

Pour conclure, une majoration de la taxe induit une augmentation de l'effort de dépollution et une réduction de la pollution par unité de production.

Gouvernement et offre de pollution

Dans cette partie, nous modélisons la formation de la politique environnementale en fonction de la stabilité politique et de la sensibilité du gouvernement par rapport à la corruption, d'une façon similaire à Fredriksson et Svensson [2003] avec quelques particularités : nous analysons un secteur polluant désagrégé, en supposant l'existence de rendements constants dans ses sous-secteurs et en introduisant les préférences des consommateurs pour la qualité de l'environnement.

Le gouvernement contrôle les émissions en taxant les secteurs polluants. La somme des taxes totales reçues s'écrit :

$$T = \sum t\theta_i(t/p_i)X_i \quad (6)$$

Les recettes fiscales sont supposées être distribuées également à tous les individus.

Le profit total d'un secteur polluant i, Π_i, dépend de la politique environnementale t, $\Pi_i(t)$. Les secteurs i sont supposés capables de s'organiser dans un groupe de pression proposant au gouvernement une offre de pot-de-vin sous condition du choix d'une politique particulière représentée par le niveau de la taxe t. Le modèle définit un jeu stratégique entre le gouvernement et le groupe de pression (lobby) en trois étapes. Tout d'abord, le lobby offre au gouvernement un pot-de-vin, dénoté par $B(t)$. Il prend en considération l'instabilité politique et le niveau de corruption lors de l'évaluation de son pot-de-vin. Ensuite, le gouvernement définit sa politique environnementale optimale en fonction de la stratégie du lobby. Dans la troisième étape, la politique sélectionnée est mise en application, à condition que le gouvernement reste au pouvoir. Lorsque la taxe de pollution a été annoncée, les entreprises déterminent leurs niveaux de production et le degré de réduction de la pollution.

Le bien-être anticipé du lobby (avant paiement d'un pot-de-vin) est donné par:

$$W_L(t) = [1-\lambda(1-\delta)]\sum \Pi_i(t) + \lambda(1-\delta)\sum \Pi_i(t^p) \quad (7)$$

où λ est la probabilité que le gouvernement ne restera pas au pouvoir; δ est la probabilité que le nouveau gouvernement appliquera la même politique que son prédécesseur; t^p est une nouvelle taxe, exogène, mise en application par le nouveau gouvernement.

Le gouvernement est concerné par le pot-de-vin et le bien-être social, d'où sa fonction stratégique donnée par:

$$G(t) \equiv B(t) + a(1-\lambda)W_T(t) \quad (8)$$

qui est la somme pondérée du pot-de-vin et du bien-être social, dénoté W_T. Le paramètre a mesure la pondération exogène du bien-être social relatif au pot-de-vin. Un paramètre a élevé signifie que le gouvernement est moins sensible à la corruption.

Suivant le modèle « Common Agency » de Bernheim et Whinston [1986], étendu par Grossman et Helpman [1994] et Dixit, Grossman et Helpman [1997], la politique d'équilibre est supposée maximiser le surplus commun de toutes les parties. La politique choisie t^* maximise la somme du bien-être commun du lobby et de la société en général. Pour la détermination de t^*, nous avons donc à résoudre

$$\frac{\partial W_L}{\partial t}\left(t^*\right)+a(1-\lambda)\frac{\partial W_T}{\partial t}\left(t^*\right)=0 \tag{9}$$

Concernant le bien-être social, il est donné par la somme de tous les profits, le surplus des consommateurs et les recettes fiscales, moins la désutilité globale des consommateurs induite par la pollution en fonction de leurs préférences pour le bien public – l'environnement. On peut l'écrire de la façon suivante:

$$W_T(t)=\sum \Pi_i(t)+S+\sum t\theta_i(t/p_i)X_i-\eta\sum\theta_i(t/p_i)X_i \tag{10}$$

Nous avons donc, $$\frac{\partial W_L}{\partial t}=-\left[1-\lambda(1-\delta)\right]\sum\ \theta_i(t/p_i)X_i \tag{11}$$

et $$\frac{\partial W_T}{\partial t}=(t-\eta)\left[\sum X_i\frac{\partial\theta_i(t/p_i)}{\partial t}\right] \tag{12}$$

En substituant les expressions (11) et (12) dans (9), nous avons

$$-\left[1-\lambda(1-\delta)\right]\sum\ \theta_i(t^*/p_i)X_i+a(1-\lambda)(t^*-\eta)\left[\sum X_i\frac{\partial\theta_i(t^*/p_i)}{\partial t}\right]=0 \tag{13}$$

Pour satisfaire l'égalité et étant donnée que le premier terme est négatif, le second doit être positif. Cela exige $t^*<\eta$, ce qui signifierait une taxe de pollution socialement sous optimale. En général, l'intuition du modèle est que dans une société fortement concernée par les dommages ($\eta=1$), en absence d'instabilité politique et de corruption, le gouvernement choisirait la taxe Pigouvienne $t^*=\eta=1$.

En transformant l'Equation (13), nous obtenons une expression implicite pour la politique environnementale d'équilibre:

$$t^*=\frac{\left[1-\lambda(1-\delta)\right]\ \overbrace{\sum\theta_i(t^*/p_i)X_i}^{\text{Le niveau absolu des émissions}}}{a(1-\lambda)\underbrace{\left[\sum X_i\frac{\partial\theta_i(t^*/p_i)}{\partial t}\right]}_{\substack{\text{La variation des émissions suite au}\\ \text{changement du niveau de la taxe}}}}+\eta \tag{14}$$

Pour une politique socialement efficace il faut que $t^*=\eta$, ce qui est possible seulement en absence de corruption et d'instabilité politique. Si ce n'est pas le cas, il faut au moins que t^* tende vers η. Pour cela, étant donné que le signe de la fraction est négatif (voir les Equations (4) et (5)), il faut que le dénominateur soit le plus grand possible, ce qui exige un niveau plus élevé de a (un gouvernement moins sensible à la corruption), une valeur plus petite pour l'instabilité politique λ et une forte réactivité des agents économiques (changement des techniques de production) à une augmentation de la taxe de pollution.

Demande de pollution

Définissons Q - la valeur de la production totale dans l'économie (l'échelle de l'économie) ; V_i - la valeur de la production du secteur i, $V_i=X_i p_i$; $\varphi=\sum V_i/Q$ - le poids

du secteur polluant agrégé dans la valeur de la production économique totale, et $\gamma_i = V_i / \sum V_i$ - le poids de chaque sous-secteur i dans la valeur totale du secteur polluant. Nous pouvons ensuite décomposer la pollution ainsi :

$$E = \sum \theta_i X_i = \sum \theta_i \frac{V_i}{p_i}, \tag{15}$$

qui donne l'équation suivante :

$$E = Q\varphi \sum \gamma_i \theta_i / p_i \ . \tag{16}$$

L'équation (16) montre que la pollution dépend de l'échelle de l'économie, de la part du secteur polluant agrégé dans l'économie et de l'importance relative de différents sous-secteurs polluants, caractérisés par des intensités de pollution différentes. Dans sa forme différentielle, l'Equation (16) s'écrit :

$$\hat{E} = \hat{Q} + \hat{\varphi} + \left(\sum \gamma_i \hat{\theta}_i / p_i \right) \tag{17}$$

où les chapeaux dénotent les variations en pourcentage.

Compte tenu de l'hypothèse des rendements constants, la simple maximisation du profit ne nous permet pas de déterminer l'offre de la firme. Ainsi, étant en dehors du cadre théorique de l'équilibre général (où, sous la même hypothèse, on fait généralement appel à une contrainte dans la demande des consommateurs pour déterminer l'offre), nous ne pouvons pas représenter l'effet de la taxe sur la structure économique. L'éventuel biais introduit ne serait qu'une sous-estimation de l'effet de la taxe sur la pollution. En même temps, étant donné $\theta_i = \theta_i (t / p_i)$, nous avons

$$\hat{\theta}_i = \varepsilon_{\theta_i, t/p_i} \left[\hat{t} - \hat{p}_i \right] \tag{18}$$

où $\varepsilon_{\theta_i, t/p_i}$ est l'élasticité du changement des émissions par unité de production (θ_i) par rapport à la taxe réelle de pollution.

Dans le but de garder les variables d'intérêt, telles que la valeur de la production totale Q, la part du secteur polluant agrégé φ, les parts des sous-secteurs polluants γ_i et la politique environnementale t, nous pouvons réécrire l'Equation (17):

$$\hat{E} = \hat{Q} + \hat{\varphi} + \frac{\sum \left(\hat{\gamma}_i + \varepsilon_{\theta_i, t/p_i} \hat{t} - (1 + \varepsilon_{\theta_i, t/p_i}) \hat{p}_i \right) \gamma_i \theta_i / p_i}{\sum \gamma_i \theta_i / p_i} \tag{19}$$

Une variation des émissions peut donc être expliquée par un changement de l'échelle de l'économie, du poids du secteur polluant agrégé dans l'économie, de l'importance relative des sous-secteurs polluants, et par un effet technique suite à une variation de la politique environnementale, représentée ici par la taxe réelle perçue par chaque secteur.

Finalement, nous concluons le modèle en présentant les deux équations principales de notre étude. Pour le cas spécifique de notre étude qui tient à expliquer la pollution par carbone de l'industrie manufacturière, il est nécessaire de résoudre le système suivant de deux équations représentant l'offre et la demande de pollution :

$$\begin{cases} t = t\left(\underset{+}{E}, \underset{+}{a}, \underset{-}{\lambda}, \underset{+}{\eta} \right) & \text{Offre de pollution} \\ E = E\left(\underset{+}{Q}, \underset{+}{\varphi}, \underset{?}{\gamma_i}, \underset{-}{t}, p_i \right) & \text{Demande de pollution} \end{cases} \tag{20}$$

où E est la pollution de l'industrie manufacturière, φ la part de ce secteur dans la production totale dans l'économie (Q) et γ_i l'importance relative des sous-secteurs manufacturiers.

Ces équations doivent être estimées simultanément, afin de mieux contrôler pour les biais dus aux problèmes d'endogénéité, étant donné déjà que la première équation est influencée par les niveaux de pollution présents et/ou passés, tandis que la deuxième est fonction de la politique environnementale. C'est le travail qui constitue l'objet des sections suivantes.

4 Modèle économétrique et données

Le point de départ pour un modèle économétrique bien identifié et robuste est une analyse théorique détaillée des processus économiques fondamentaux. Ceci implique l'identification des variables principales d'intérêt et des mécanismes de transmission par lesquels un choc sur une variable particulière dans le système mène aux changements d'autres variables. Une telle analyse est nécessaire pour s'assurer que le modèle économétrique est bien identifié dans le sens qu'aucune variable explicative pertinente n'est omise et que les variables incluses sont convenablement identifiées en tant que variables endogènes et exogènes du système.

Stratégie économétrique

Notre modèle théorique implique un système de deux équations et identifie les principaux déterminants des deux variables à expliquer : réglementation environnementale et pollution industrielle.

La première équation explique la formation de la politique environnementale. En effet, la taxe de l'Equation (14) est un outil d'identification des facteurs déterminant la sévérité de la politique environnementale. Nous cherchons à tester si l'instabilité politique et la corruption, des caractéristiques particulières des pays en transition, réduisent la sévérité et l'efficacité de la politique. En comparaison avec des modèles semblables[6], nous testons en même temps l'impact sur la sévérité de la politique environnementale des préférences des consommateurs, inobservables mais représentées dans notre étude par deux variables proxies : le revenu net par habitant et le taux de chômage. Plus le revenu augmente, plus le consommateur est prêt à payer pour le bien commun – l'environnement[7]. Pour le taux de chômage on aurait une relation inverse, les préférences pour la qualité de l'environnement passant au second plan par rapport à l'incertitude concernant la situation économique et financière. Nos deux variables proxies représentant les préférences des consommateurs sont corrélées avec la qualité institutionnelle du pays. Leur introduction dans le modèle empirique est susceptible de modifier les coefficients des variables *corruption* et *instabilité politique*. Il est donc intéressant de voir l'effet distinct sur la sévérité de la politique environnementale des trois facteurs: les préférences des consommateurs, l'instabilité politique et la corruption. Finalement, supposant l'existence d'une corrélation entre les

[6] Fredriksson et Svensson [2003] montrent que l'effet de la corruption et de l'instabilité politique sur la réglementation environnementale est interdépendant : la corruption réduit la sévérité de la politique, mais cet effet disparaît lorsque l'instabilité politique augmente. Damania, Fredriksson et Mani [2004] trouvent un effet négatif et significatif de la corruption sur la politique de l'environnement, mais ne trouvent pas d'effet significatif pour la stabilité politique. Ils montrent que l'effet de la stabilité politique sur la réglementation environnementale est indirect et passe par l'efficacité judiciaire et, finalement, par la corruption.

[7] Des études empiriques étudiant la CEK ont souligné le rôle très important de l'élasticité de la demande de qualité environnementale par rapport au revenu en tant que soutien théorique de la relation « en cloche » entre la pollution et le revenu (Beckerman [1992], Chadhuri et Pfaff [1998]). Des toutes premières études analysant cet aspect (Bergstrom et Goodman [1973], Walters [1975]) ont trouvé des élasticités des améliorations environnementales par rapport aux revenus plus grandes que 1. Kriström et Riera (1996), par contre, en utilisant la méthode d'évaluation contingente, ont trouvé des élasticités bien inférieures à l'unité mais toujours significatives, résultat qui a été également confirmé par des études plus récentes (Flores et Carson [1997], Hökby et Söderqvist [2003]).

variables explicatives du modèle et les libertés civiles, qui à leur tour ont un impact sur la sévérité de la politique environnementale, nous introduisons la variable *démocratie* dans un test de robustesse de notre modèle. En fait, l'impact sur la politique environnementale des préférences des consommateurs pour la qualité de l'environnement est conditionné par le niveau de la démocratie dans la société, la capacité de la population d'exprimer ses besoins et de faire pression sur les décisions gouvernementales. Fredriksson et al. [2005] développent un modèle théorique assez complexe pour prendre en compte l'impact du niveau de la démocratie sur la formation de la politique. Nous nous contentons déjà d'inclure ce facteur dans une estimation économétrique dans le but de vérifier la robustesse des résultats empiriques de notre modèle de base et de confirmer une fois de plus l'importance de la démocratie.

La deuxième équation économétrique analyse les facteurs déterminants des émissions industrielles de polluants. Dans une perspective de théorie économique, la pollution industrielle devrait être modélisée en fonction des trois effets de la croissance sur les émissions : l'effet d'échelle (représenté dans l'étude empirique par le PIB), de structure au niveau de l'économie en général (part du secteur manufacturier) et au niveau de l'industrie (part de différents sous-secteurs manufacturiers dans le total de l'industrie), et l'effet technique (induit principalement par la sévérité de la politique environnementale, représentée dans l'Equation (19) par une taxe réelle perçue par chaque secteur polluant). Toutefois, en plus de ces variables, nous incluons l'ouverture commerciale comme variable indépendante en vue de tester la robustesse de nos résultats de base (du test du modèle théorique) et afin de contrôler pour le cas où les effets énumérés pourraient résulter du commerce.

Après avoir effectué un nombre de régressions préliminaires, en appliquant différentes formes fonctionnelles, et suite aux résultats du test de Jarque-Berra pour chacune d'elles, nous retenons la forme fonctionnelle log-log qui assure dans notre cas une distribution normale des résidus.

Les deux équations économétriques décrites plus haut et définies par les Equations (14) et (19), peuvent être présentées comme suit :

$$\begin{cases} \ln\left(E_{jt}\right) = X'_{1,jt}\beta_1 + \varepsilon_{1,jt} \\ \ln\left(P_{jt}\right) = X'_{2,jt}\beta_2 + \varepsilon_{2,jt} \end{cases} \qquad (21)$$

où j et t sont respectivement les indices pays et année ; E représente les émissions industrielles de CO_2 et P - la sévérité de la politique environnementale – les variables endogènes; β_1 et β_2 - les vecteurs des coefficients d'élasticité (car les variables dans X'_1 et X'_2 sont en logarithme); $\varepsilon_{1,jt}$ et $\varepsilon_{2,jt}$ les termes d'erreur, $\varepsilon \sim i.i.d\ N\left(0,\sigma^2_{jt}\right)$. Les variables explicatives retenues sont : X'_1 ={le PIB en prix constants, la part du secteur manufacturier dans le PIB, l'importance relative de chaque sous-secteur industriel et la sévérité de la politique environnementale} et X'_2 ={les émissions polluantes de l'année en cours t et leur variation par rapport à l'année $t-5$[8], le revenu net par habitant et le chômage de l'année précédente, l'instabilité politique et la corruption}. Les variables représentant les préférences des consommateurs par rapport à la qualité de l'environnement (revenus nets et niveau du chômage) sont retardées d'une année en raison d'une inertie spécifique à la création de la politique et afin d'éviter les biais de simultanéité (corrélation par exemple entre la politique et le chômage : une politique environnementale sévère peut être en détriment de l'emploi) qui ressortent lors de la réalisation du test Wu-Hausman (voir la fin du Tableau 4 de l'Annexe C).

[8] Le modèle théorique prédit que la politique environnementale dépend simultanément du niveau des émissions de l'année en cours et de leur variation par rapport à un changement de politique, soit progrès ou dégradation réalisée par rapport au passé (jugement de l'efficacité d'une politique précédente). En effectuant plusieurs régressions consécutives pour les années de $t-1$ à $t-5$, nous retenons la période $t-5$ qui donne des résultats statistiquement significatifs dans les régressions empiriques et qui est la plus corrélée avec l'indice SPE.

Nos deux variables endogènes : pollution et politique, sont présentes alternativement en tant que variables explicatives dans les équations respectives, une action qui exige l'application de la méthode d'estimation d'un système d'équations simultanées.

Notre modèle se compose donc de deux équations structurelles. Toutes les variables exogènes et endogènes n'apparaissent pas dans chaque équation structurelle; celles-ci sont des restrictions imposées au système, en tant que « restrictions d'exclusion ». Afin de permettre l'estimation d'un système linéaire d'équations, la condition nécessaire pour l'identification d'une équation structurelle individuelle dans le système est:

Si $m_l > (K - k_l)$, alors l'équation est sous identifiée et ne peut pas être estimée par les doubles moindres carrés (DMC) ou triples moindres carrés (TMC).

où

l est l'indice représentant les équations ($l \in [1,2]$),

$m_l =$ le nombre de variables endogènes dans une équation structurelle individuelle,

$k_l =$ le nombre de variables exogènes dans la même équation structurelle

$K =$ le nombre total de variables exogènes dans le système.

Dans notre système, la valeur du m_l dans chaque équation structurelle est 1. Pour vérifier si les autres variables explicatives dans une équation (en dehors des variables endogènes) sont exogènes, nous réalisons le test de Hausman (forme du Multiplicateur du Lagrange). Ce test nous oblige à retenir l'hypothèse que les variables dans *X* sont exogènes (voir fin du Tableau 4 de l'Annexe C). Toutes les variables de X_1' et X_2' sauf les m_l (pollution et sévérité de la politique) sont donc exogènes pour les équations dans lesquelles elles apparaissent. La valeur de $(K - k_l)$ pour l'équation de pollution est ainsi égale à cinq et pour l'équation de la politique elle est de onze. Par conséquent, la condition d'identification est satisfaite et le système dans l'ensemble est sur-identifié et peut être estimé.

L'étape suivante de notre travail empirique consiste à choisir la méthode d'estimation. Les deux méthodes d'estimation d'un système d'équations simultanées les plus utilisées sont la méthode d'information limitée (connue sous le nom des doubles moindres carrés, DMC) et la méthode d'information complète (connue sous le nom des triples moindres carrés, TMC). Ces deux approches tiennent compte de la complexité des rapports fonctionnels, où la pollution et la sévérité de la réglementation environnementale se déterminent réciproquement. Le choix de la technique d'estimation dépend des hypothèses des deux méthodes qui doivent être soutenues par les données utilisées dans l'étude. Si toutes les équations dans le modèle structurel sont correctement identifiées, l'estimateur du système (c.-à-d., les TMC) est plus efficace que l'estimateur d'équation simple (c.-à-d., les DMC). Cependant, si une des équations dans le système n'est pas bien spécifiée, alors les estimateurs des TMC sont contradictoires, tandis que ceux des DMC restent convergents. Le test de spécification de Hausman a été réalisé pour le choix de la méthode d'estimation. La statistique du test (9.77, p=0.9392) nous a conduit à ne pas rejeter l'hypothèse selon laquelle, le modèle étant bien identifié, l'estimateur par les TMC est convergent et efficace. Ainsi, les résultats d'estimation par la méthode des TMC sont présentés dans la section suivante.

Données

Pour tester les prédictions du modèle théorique, nous avons besoin de données sur les émissions industrielles de polluants, l'évolution de la structure économique et industrielle de différents pays en transition, leur politique environnementale, les préférences des consommateurs pour la qualité de l'environnement (représentées dans notre étude par le revenu net par habitant et le taux de chômage), la corruption, l'instabilité politique et les autres variables de contrôle. Nous décrivons ici les principales variables, en commençant par les variables dépendantes (voir l'Annexe B pour les définitions, les sources de toutes les

variables utilisées et leurs statistiques descriptives). Compte tenu des problèmes que pose la variable de sévérité de la politique environnementale, la plus grande partie de ce paragraphe lui est consacrée.

L'AIE nous a fourni des données annuelles sur les **émissions de CO_2** pour tous les pays en transition sur la période 1990-2003, avec la distinction entre émissions industrielles et émissions totales. Cela nous permet d'isoler la pollution industrielle de l'air et d'identifier ses déterminants.

La **sévérité de la politique environnementale** est la variable la plus difficile à mesurer car il n'existe pas réellement de données disponibles pour tous les pays du monde et en dynamique. Diverses variables approchées ont été utilisées dans la littérature : le contenu maximal admissible du plomb dans l'essence[9], le nombre d'accords environnementaux signé par un pays, etc. Damania, Fredriksson et Mani (2004) utilisent un indice original élaboré par le World Economic Forum : issu d'une enquête auprès d'environ 2000 hommes d'affaires d'une soixantaine de pays qui ont évalué la sévérité de la réglementation environnementale dans leur pays, cet indice n'est malheureusement disponible qu'à partir de l'année 2001. Dans la littérature sur la politique environnementale, on rencontre souvent un autre indice, créé par Dasgupta et al. [1995] qui ont évalué la politique environnementale agricole de 31 pays pour l'année 1990, en utilisant une méthode d'analyse quantitative des rapports de ces pays préparés pour la Conférence des Nations Unies pour l'Environnement et le Développement. Cet indice a été recalculé par Eliste et Fredriksson [2002] pour 60 pays, en utilisant la même méthodologie que Dasgupta et al. [1995]. Cependant, nous avons besoin de données en dynamique, et l'indice de Dasgupta et al. [1995] permet seulement une analyse en coupe transversale. Un autre indice apparu plus récemment (Cagatay et Mihci [2003]), est l'*Index of Environmental Sensitivity Performance* (IESP); il est construit sur la base des indicateurs de pression, d'état et de réponse de l'OCDE[10]. L'avantage de cet indice est de prendre en compte tous les domaines de l'environnement (pollution de l'air, de l'eau, déchets, etc.) et de fournir un cadre général de la sévérité de la politique environnementale. Pourtant, reposant sur des données estimées plutôt qu'observées, et basé sur le degré relatif de pollution produite par certaines activités industrielles et les efforts des agents économiques d'améliorer la qualité environnementale, cet indice ne semble pas bien prendre en compte l'effort du gouvernement proprement dit. Par conséquent, étant un effet de la pollution plutôt que son déterminant, l'IESP ne nous convient pas dans cette étude, en raison de l'impossibilité d'observer et d'analyser les facteurs de la création de la politique environnementale. Nous sommes amenés à créer notre propre indice en utilisant diverses variables qui évaluent directement ou indirectement la sévérité de la politique environnementale issue de l'effort et de l'intérêt du gouvernement. Nous calculons donc un indice donnant à chaque pays une note en fonction de la sévérité de sa politique environnementale. Nous avons choisi les variables suivantes pour le calcul de cet indice (voir Tableau 2 en Annexe B pour les statistiques descriptives):

- Nombre d'accords environnementaux multilatéraux (AEM) signés par un pays. Les AEM sont devenus de plus en plus stricts et exigeants avec le temps. Une mise en conformité avec ces accords demande une politique domestique plus sévère. Etant donnée la pression de la part des organismes internationaux quant à la mise en conformité internationale, on peut considérer que le fait d'avoir signé un AEM signifie que le gouvernement a la volonté d'harmoniser sa politique environnementale avec des normes

[9] Ces données sont élaborées par la compagnie Octel dans « Worldwide Gasoline Survey » mais ne sont disponibles que jusqu'en 1995 ; voir Hilton et Levinson [1998] pour une présentation détaillée de ces données, utilisées dans un grand nombre d'études; voir par exemple Damania, Fredriksson et List [2003]).

[10] Dans ce contexte, des indicateurs de pression sont utilisés pour déterminer les sources de divers facteurs impliquant des changements environnementaux négatifs, alors que des indicateurs d'état sont utilisés pour mesurer la qualité de l'environnement. Les indicateurs de réponse mesurent les efforts de certains agents dans l'économie pour améliorer la qualité environnementale et/ou protéger l'environnement contre diverses sources de pollution.

internationales afin de la rendre plus efficace en termes de pollution et de devenir plus compétitif en termes économiques.

- Existence d'une réglementation sur la pollution de l'air (base ECOLEX du PNUE). Nous ne considérons pas le nombre absolu des lois et réglementations, car cela pourrait biaiser nos résultats à la hausse pour les pays avec beaucoup de lois mais qui ne sont pas toujours mises en œuvre ou très efficaces. Pour cette raison, nous donnons à cette variable la valeur 1 si le pays possède des réglementations sur la pollution de l'air et 0 sinon.

- Densité des organisations internationales non gouvernementales (ONG), représentée par le nombre des membres des ONG pour un million d'habitants. La prise de conscience du rôle des ONG s'est opérée à la faveur du succès qu'elles ont rencontré dans la gestion de l'humanitaire d'urgence. Elles sont aujourd'hui devenues des acteurs très importants dans la résolution des conflits et des situations de crises. Les ONG sont maintenant reconnues par la communauté internationale comme un élément constitutif de la vie démocratique. Elles participent aujourd'hui aux mécanismes ou procédures institués au niveau national pour mettre en œuvre le programme *Agenda 21*, en utilisant leurs capacités particulières dans les domaines de l'éducation, de la lutte contre la pauvreté, de la protection et de l'amélioration de l'environnement**.**

- Nombre d'entreprises certifiées ISO 14001, pondéré par le PIB. La mise en place de la gestion environnementale selon la base de standards internationaux ISO 14001 permet aux entreprises de minimiser les impacts de leurs activités sur l'environnement, de prévenir les incidents et de fixer un plan d'action pour améliorer leurs performances environnementales. Les entreprises, conscientes de l'importance de l'environnement dans leur stratégie de développement (notamment pour des raisons de pérennisation de leur activité), s'engagent de plus en plus dans ces démarches volontaires de gestion environnementale. La prise en main des problèmes environnementaux par les entreprises est un moteur essentiel de la protection de l'environnement. Les pouvoirs publics souhaitent que les entreprises adoptent les instruments de management environnemental comme elles le font pour le management de la qualité. C'est l'intérêt de ces instruments qui contribueraient à la prévention de la pollution et des risques sans se substituer aux obligations réglementaires qui se situent sur un autre plan. Plus de 80 % des 500 entreprises interrogées en 2000 sur leur expérience de la mise en œuvre de systèmes de management environnemental ont souligné leur rentabilité et plus de 60 % d'entre elles citent des périodes de retour sur l'investissement de moins de 12 mois.[11]

- Adhésion au Programme *Responsible Care*®, qui est une initiative volontaire globale de l'industrie chimique dans le cadre de laquelle les compagnies, représentées par des associations nationales, travaillent ensemble pour améliorer leur sécurité et les performances environnementales et pour communiquer avec des acteurs concernés au sujet de leurs produits et processus de fabrication et d'approvisionnement de marchandises non dangereuses. Ce Programme a été conçu au Canada et lancé pour la première fois en 1985 pour mettre en valeur les préoccupations du public concernant la fabrication, la distribution et l'utilisation des produits chimiques. Le nombre d'associations des industries chimiques adhérentes à *Responsible Care® Program* a augmenté de 6 à 52 pays depuis 1992, quand l'Agenda 21 a été adopté au sommet de la Terre de Rio. Les associations s'engagent à l'initiative par l'intermédiaire du Conseil International des Associations Chimiques (CIAC), qui agit en tant que « gardien » du *Responsible Care® Program*, en surveillant son exécution et en veillant à ce que ce dernier prenne en compte les préoccupations courantes. Chaque association exécute son propre programme national avec ses compagnies membres. Les plans du CIAC les plus récents impliquent l'exécution du *Responsible Care® Program* aussi

[11] Ces résultats d'une étude européenne sont cités par l'ISO (Organisation internationale de normalisation) dans l'ouvrage : « Le management environnemental et ISO 14000 », édition 2002.

largement que possible dans les industries chimiques et connexes, et à travers toute la chaîne d'approvisionnements.[12]

Si les deux premières variables reflètent directement le comportement du gouvernement, les trois dernières peuvent être interprétées comme des mesures indirectes de la sévérité de la politique environnementale. L'hypothèse que nous pouvons faire est que plus il y a d'initiatives de la part des entreprises de se mettre en conformité avec les normes environnementales internationales, et plus la population s'organise dans des groupes d'influence (ONG), plus le gouvernement est contraint de mener une politique efficace. Nous proposons donc de calculer l'indice *Sévérité de la Politique Environnementale* (SPE) à partir de toutes les variables précédentes, en utilisant la technique du Z-score[13] qui permet d'agréger des variables assez hétérogènes dans une seule mesure[14]. Nous calculons l'indice SPE pour la période 1995-2001, puisque la variable *ISO 14001* n'est disponible que pour ces années.

Quant à la **corruption**, nous utilisons l'opposé de l'indice *Corruption Control* développé par Kaufmann, Kraay et Mastruzzi [2003]. Cet indicateur mesure le degré auquel les gouvernements luttent contre la corruption et il prend des valeurs comprises entre -3 et +3, les valeurs maximales signifiant que le pays connaît moins de corruption. L'inversion à laquelle nous procédons conduit donc à un indicateur qui varie en fonction directe du degré de corruption du pays considéré. Pour **l'instabilité politique**, nous utilisons, selon une procédure analogue à la précédente, l'opposé de l'indice *Political Stability* développé aussi par Kaufmann, Kraay et Mastruzzi [2003]. L'indicateur de Kaufman, Kraay et Mastruzzi [2003] reflète la probabilité que le gouvernement au pouvoir soit déstabilisé ou remplacé, et il prend des valeurs comprises entre -3 et +3, les valeurs maximales signifiant une stabilité politique plus importante. Le changement de signe de cet indice conduit donc à un indicateur dont les valeurs élevées reflètent l'instabilité politique. Pour prendre en compte la **démocratie** dans le modèle, nous introduisons dans un test de robustesse une variable muette FREE qui prend la valeur 1 si le pays est caractérisé par d'importantes libertés civiles et droits politiques. Cette variable est tirée de la base de données sur les libertés dans le monde de Freedom House[15].

---

[12] Dans notre étude, cette variable prend la valeur 2 pour les pays signataires, 1 pour les pays non adhérents et sans ou avec un secteur modeste de l'industrie chimique (<=5% de l'industrie totale, valeur minimale enregistrée par un pays ayant adhéré au programme), 0 pour les pays non adhérents et avec un secteur plus important de l'industrie chimique (>5% de l'industrie totale). Ces valeurs sont attribuées de cette façon afin de ne pas biaiser les résultats, étant donnée la structure industrielle assez différente des pays.

[13] On calcule dans un premier temps, pour chaque variable et année, la distance de chaque pays par rapport à la moyenne du groupe en nombre d'écarts-type (z-score), en utilisant la formule: $\left(X_{it} - \overline{X}_t\right) / \sigma_t$. On obtient ainsi des valeurs classant les pays en dessous ou au dessus de la moyenne. Ensuite, on calcule la moyenne non pondérée des z-scores de toutes les variables. Finalement, on applique la méthode *standard normal percentile* qui donne la valeur 0 au z-score moyen minimal et 100 au maximal. La valeur 50 correspond ainsi à la moyenne de l'échantillon (voir le Tableau 2 de l'Annexe B pour des statistiques descriptives).

[14] Pour vérifier la robustesse de notre indice, nous appliquons des techniques alternatives pour sa création: l'analyse factorielle (AF) et l'analyse en composantes principales (ACP). Il s'avère que les indices calculés avec les méthodes alternatives sont très corrélés avec celui calculé par la technique du z-score (0.9262 pour le facteur principal et 0.9146 pour la composante principale). Les tests empiriques de notre modèle théorique avec l'indice SPE calculé par les méthodes de l'AF et d'ACP fournissent les mêmes résultats (du point de vue économique) que celui utilisant l'indice SPE calculé par la méthode du z-score. L'impact de l'indice SPE sur la pollution reste le même : signe, significativité statistique et effet marginal. Cependant, étant donné que les nouveaux indices sont calculés en base du facteur / de la composante principal(e) et il y a une certaine perte d'information (variabilité) dans les données, certains estimateurs de l'équation de la SPE (formation de la politique) deviennent non significatifs, tout en gardant leurs signes et ampleurs relatives. Nous retenons la méthode du z-score pour le calcul de notre indice pour deux raisons principales: afin d'avoir un nombre maximal de variables statistiquement significatives (étant plutôt intéressés dans l'analyse d'un modèle explicatif) et de tenir compte de toute la variabilité dans l'échantillon, qui est assez hétérogène. Les résultats des régressions avec l'indice SPE calculé selon les méthodes alternatives sont disponibles à la demande auprès des auteurs.

[15] Nous retenons la variable FREE de Freedom House, parce qu'elle est moins corrélée avec les variables corruption et instabilité politique, par rapport à la variable *Voice & Accountability* (représentant le niveau de démocratie) de Kaufmann, Kraay et Mastruzzi [2003].

Toutes les autres variables, comme : le PIB, le Revenu net par habitant, le commerce, le taux de chômage etc. sont prises de la base *Indicateurs du développement dans le monde 2005* de la Banque Mondiale.

Notre base de données est un panel non cylindré de 41 pays sur la période 1996-2001. Malgré la disponibilité des données sur les émissions de CO_2 pour une période plus longue (1992-2003), nous sommes obligés de réduire la période d'étude aux années 1996-2001, pour lesquelles nous disposons de l'indice SPE et des données institutionnelles : corruption et instabilité politique (disponibles à partir de 1996) et sur la structure industrielle des pays (base de données INDSTAT3 obtenue auprès de l'ONUDI qui finit avec l'année 2002, mais dont les données pour 2001 sont les plus complètes pour les pays en transition). Concernant la structure industrielle des pays, nous avons retenu de la base INDSTAT3 les valeurs ajoutées de neuf secteurs industriels[16] et nous avons calculé les parts de ces derniers dans la production manufacturière totale.

Avant d'analyser les résultats empiriques de nos estimations et afin d'anticiper certains résultats, nous présentons les corrélations entre les variables de notre étude. Comme on le voit dans le Tableau 3 de l'Annexe B, les principaux déterminants des émissions de CO_2 sont : le PIB (corrélation positive), la part du secteur Papier et Carton (corrélation négative), la part du secteur Métaux ferreux et non ferreux (corrélation positive), l'ouverture commerciale (corrélation négative) et la politique environnementale (corrélation négative). D'autres facteurs sont très corrélés avec les émissions de CO_2, comme le revenu par habitant, le taux de chômage et la corruption, mais ces facteurs se manifestent en principe par l'intermédiaire de la politique. On remarque une relation positive entre le revenu net par habitant et la sévérité de la politique de l'environnement, ainsi qu'une relation négative entre la SPE et le taux de chômage, et entre la corruption et l'instabilité politique. En conclusion, les signes des corrélations entre les variables correspondent bien aux prédictions de notre modèle théorique.

5 Analyse des résultats empiriques

Les résultats empiriques sont présentés dans les tableaux de l'Annexe C. Ils confirment les prédictions du modèle théorique et sont robustes dans des spécifications alternatives prenant en compte des facteurs supplémentaires susceptibles d'avoir une influence sur les variables expliquées et d'agir sur d'autres variables explicatives.

Nous commençons par l'analyse des résultats représentés dans le Tableau 4 de l'Annexe C. Ce tableau présente les résultats de l'estimation du système de deux équations économétriques issues de notre modèle théorique par les deux méthodes d'estimation : DMC et TMC. Le PIB, le poids de l'industrie dans l'économie et les parts des secteurs Textiles, Métallurgie, et Machines et Equipements, contribuent tous à une augmentation des émissions de CO_2. L'effet d'échelle apparaît plus important dans les pays en transition et plus faible dans les pays développés européens et les pays émergents, ce qui pourrait s'expliquer soit par la différence du poids des secteurs fortement polluants dans la production totale, soit par la qualité des techniques de production. L'effet technique est représenté dans nos estimations par la réactivité à un changement de la politique environnementale (indice SPE), qui se manifeste d'habitude par une modernisation de la technologie et une amélioration de la technique de production. De façon surprenante, comme chez Antweiler, Copeland et Taylor [2001], l'effet technique agit (négativement) très fortement sur la pollution, et domine largement les effets d'échelle et de structure. La particularité de notre étude étant de tester ces trois effets pour différents groupes de pays, nous trouvons que la sévérité de la politique environnementale a l'impact le plus important sur la pollution dans les pays développés européens. Il l'est un peu moins dans les pays en transition, et encore moins dans les pays émergents.

---

[16] D'après *International Standard Industrial Classification* (ISIC) en 3-digits, les secteurs manufacturiers sont : Produits alimentaires, Textiles, Produits de bois, Produits de papier et carton, Articles de verre, Métal ferré et non ferré, Produits chimiques, Machines et équipements, Autres produits manufacturiers.

Pour sa part, la politique environnementale apparaît bien déterminée par les émissions industrielles de l'année en cours, par leur variation par rapport à l'année $t-5$ et par les préférences des consommateurs vis-à-vis de la qualité de l'environnement (représentées par le revenu net par habitant dans la période précédente). L'impact de l'instabilité politique et de la corruption ressort bien négativement, comme le prédit le modèle théorique. L'instabilité politique et la corruption réduisent fortement la sévérité de la politique environnementale des pays en transition, plus faiblement celle des autres groupes de pays. Pelligrini et Gerlagh [2005] trouvent aussi un impact négatif très important de la corruption sur la politique de l'environnement et en concluent que le désordre institutionnel empêche les pays en transition d'avoir une mise en œuvre efficace de leur politique de l'environnement combinée avec des revenus croissants. L'impact négatif de la corruption que nous trouvons dans notre étude confirme les résultats d'autres auteurs présentés plus haut dans la revue de la littérature (Damania, Fredriksson et List [2003], Damania, Fredriksson et Mani [2004], Welsch [2003], Makdissi et Wodon [2003]). Par ailleurs, conformément aux intuitions du modèle théorique, nos résultats mettent en évidence l'effet combiné de la corruption et de l'instabilité politique sur la sévérité de la politique environnementale. D'une façon similaire à Fredriksson et Svensson [2003], nous trouvons que la corruption réduit la sévérité de la politique, mais cet effet s'affaiblit lorsque l'instabilité politique augmente. En même temps, l'instabilité politique réduit la sévérité de la politique, mais pour des niveaux de corruption faibles. Ce résultat empirique est le même pour les pays en transition et pour les pays développés européens.

Le Tableau 5 de l'Annexe C nous permet d'analyser l'effet de structure de la croissance sur les émissions industrielles de CO_2. Nous commençons par l'effet de composition représenté par l'évolution de la structure économique des pays (Modèle A). Nous remarquons que pendant la période étudiée (1996-2001), la part du secteur manufacturier dans l'économie n'a pas été déterminante pour l'évolution des émissions industrielles de CO_2 dans les pays en transition. On voit dans la Figure 5 de l'Annexe A que la part de ce secteur dans l'économie a légèrement diminué pendant les deux premières années de la période d'étude et s'est maintenu ultérieurement au même niveau. Comme ce secteur a connu les réductions les plus importantes pendant le début de la transition (1990-1995), il aurait pu être le facteur déterminant de la première phase de réduction des émissions industrielles de CO_2 (1990-1994), que nous ne traitons pas dans cet article. Dans les pays développés européens, l'évolution du secteur manufacturier n'a pas eu non plus d'impact sur les émissions industrielles de CO_2. Par contre, dans les pays émergents, on observe une influence du poids de ce secteur sur la pollution, et de façon plus importante que pour l'effet d'échelle. Les résultats des cinq autres modèles présentés dans le Tableau 5 (Modèles B-F) rendent compte des émissions de CO_2 dues à l'effet de composition (structure industrielle) du pays. Nous avons effectué des estimations en vue d'identifier l'impact de chaque secteur sur la pollution par groupe de pays. Dans le Tableau 5 nous présentons seulement l'impact des secteurs pour lesquels nous avons trouvé des résultats significatifs pour les pays en transition. Il apparaît que les performances environnementales des pays en transition, et notamment la réduction des émissions de CO_2, peuvent être expliquées en partie par un changement favorable de leur structure industrielle : augmentation du poids relatif des secteurs peu polluants pour l'air, comme *Textiles* et *Produits de bois*, des secteurs relativement moins polluants, comme *Papier, carton* et la réduction des parts des secteurs fortement polluants, comme *Métallurgie* et *Machines, équipements, installations.* Ce dernier secteur a un effet négatif sur les émissions industrielles de CO_2 dans les pays développés[17].

Pour conclure le test de notre modèle théorique, nous trouvons des résultats semblables à ceux d'Antweiler, Copeland et Taylor [2001], qui confirment l'existence des trois effets d'échelle, de structure et technique, ce dernier ayant l'impact marginal le plus important. Concernant l'impact absolu, l'effet d'échelle a été plus marqué, tandis que les deux derniers, qui ont agi dans un sens bénéfique pour la qualité de l'environnement, ont

[17] Ce résultat peut être expliqué par le poids important des machines de haute précision, électriques ou non dans la production totale de ce secteur dans les pays développés, et dont la production est généralement moins polluante. Dans les pays en transition, ce secteur comptait principalement la fabrication (polluante) de grosses installations industrielles.

compensé intégralement l'impact négatif de l'effet d'échelle et ont permis une réduction totale d'environ 9% (en 2001 par rapport à 1996) de la pollution industrielle au dioxyde de carbone dans les pays en transition. Prenant en compte l'évolution du PIB en 2001 par rapport à 1996 (+33%) ainsi que de l'indice SPE (+12%), et en utilisant leurs impacts marginaux (coefficients d'élasticité du modèle TMC, Tableau 4 de l'Annexe C), nous estimons que l'effet d'échelle a augmenté la pollution industrielle par le CO_2 de 44.6% entre 1996 et 2001, tandis que l'effet technique, représenté par la réaction de l'industrie à la sévérité de la politique environnementale, l'a réduite de 37.4%. L'effet de composition en termes du poids du secteur industriel dans l'économie n'a pas eu d'impact statistiquement significatif, tandis que l'évolution de la structure industrielle a déterminé une réduction d'environ 16% de cette pollution.

Nous finissons notre travail empirique avec quelques tests de robustesse, dont les résultats sont présentés dans le tableau 6 de l'Annexe C. Le Modèle A est une réplique du modèle de base (données compilées pour tous les pays). Ensuite, nous testons la robustesse de ces résultats en ajoutant d'abord la variable FREE (libertés civiles et droits politiques - représentant la démocratie). De manière similaire à Fredriksson et al. [2005], nous trouvons que les libertés civiles et les droits politiques (la participation démocratique conditionnée par des niveaux élevés de compétition politique chez ces auteurs) ont un impact positif sur la sévérité de la politique environnementale. De même, ce résultat confirme les conclusions d'autres auteurs, tels que Pelligrini et Gerlagh [2005] qui trouvent pour la démocratie un impact positif, même s'il est d'une ampleur plus faible que la corruption, sur la sévérité de la réglementation environnementale. Le modèle B montre qu'avec la prise en compte de la variable FREE, l'effet de l'instabilité politique et de la corruption, aussi bien que leur terme d'interaction deviennent significatifs pour l'échantillon comprenant tous les pays. Le coefficient de la variable instrumentalisant les préférences des consommateurs (Revenu_1) augmente. On explique ce changement de significativité et d'ampleur des coefficients par une corrélation entre les variables explicatives: FREE, Revenu, Corruption et instabilité politique. L'omission de la variable FREE provoque ainsi des biais dans les coefficients des variables *préférences des consommateurs*, *instabilité politique* et *corruption*. En principe, pour que les consommateurs concernés par la qualité de l'environnement puissent influencer la sévérité de la politique, il est nécessaire d'avoir une société démocratique.

Concernant l'équation des émissions, étant donné que les trois effets de la croissance peuvent être induits aussi par le commerce, nous testons la robustesse de nos résultats en introduisant une variable représentant l'ouverture commerciale (Modèle C). En comparant les modèles B et C, nous remarquons que le coefficient représentant l'effet d'échelle augmente légèrement. Certains coefficients des sous-secteurs manufacturiers changent d'ampleur et même de significativité. Seuls les coefficients des sous-secteurs : *Textiles*, *Métallurgie* et *Machines, équipements* restent plus ou moins robustes. En plus, une fois l'ouverture commerciale prise en compte, l'effet de la part du secteur manufacturier dans l'économie sur les émissions de CO_2 augmente. Cela peut s'expliquer par la corrélation entre l'ouverture commerciale et la croissance, la structure économique et la spécialisation industrielle du pays. De même, l'effet technique représenté par la sévérité de la politique environnementale devient plus petit. On pourrait supposer que l'effet technique n'est pas conditionné seulement par la croissance économique, qui induit une augmentation des revenus et donc une politique environnementale plus sévère, mais aussi par l'ouverture commerciale et la nécessité de se mettre en conformité avec les normes techniques et environnementales internationales.

Le modèle D montre que l'ouverture commerciale a un impact négatif sur les émissions de CO_2 des pays émergents et développés européens, mais cet effet diminue pour les pays plus capitalistiques. On pourrait expliquer ce résultat par la spécialisation de ces pays dans la production de biens moins polluants : étant donné leur avantage comparatif, les pays émergents sont spécialisés dans la production de biens intensifs en main d'œuvre et les pays développés sont pour leur part spécialisés dans les productions de biens intensifs en capital humain, comme la fabrication d'appareils de haute précision, par exemple. Dans ce contexte, une accumulation du capital physique apparaît néfaste pour la qualité de

l'environnement lors de l'ouverture commerciale. Les pays en transition se distinguent des cas précédents. L'effet de l'ouverture commerciale sur les émissions industrielles de CO_2 dans ces pays est positif et diminue avec l'accumulation du capital. On pourrait expliquer ce résultat en tenant compte du développement spécifique des pays en transition, pays fortement et irrationnellement industrialisés pendant la période communiste. C'est avec le processus de transition et l'ouverture économique que ces pays rationalisent leur structure économique. En principe, au début de la transition, l'ouverture commerciale aurait stimulé la production des secteurs dans lesquels ces pays avaient des avantages comparatifs – au départ il s'agissait de secteurs plutôt polluants. Reprenant les arguments d'Antweiler, Copeland et Taylor [2001] et sur la base de nos résultats empiriques, nous pouvons conclure que l'ouverture commerciale augmente la pollution dans les pays exportateurs de biens dont la production est intensive en pollution. Si l'effet direct de l'ouverture commerciale sur la pollution industrielle des pays en transition est positif, alors celui de l'interaction avec l'accumulation du capital physique est négatif. L'ouverture économique (commerce, investissements étrangers) aurait contribué au remplacement du capital ancien (installations, équipements, etc. fortement polluants) par des technologies plus modernes, ce qui apparemment aurait eu un impact négatif sur les émissions de CO_2.

Finalement, l'ouverture commerciale a aussi un impact direct sur la sévérité de la politique environnementale. Le modèle D du Tableau 6 montre que l'ouverture commerciale réduit la sévérité de la politique environnementale des pays émergents et développés européens (phénomène « race to the bottom »[18]), mais cet effet s'atténue avec l'augmentation des revenus nets par habitant qui permettent de sensibiliser la société par rapport aux aspects liés à la qualité de l'environnement. Cependant, dans les pays en transition, on observe une configuration différente. L'ouverture commerciale augmente la sévérité de la politique environnementale, mais son effet diminue avec l'augmentation des revenus nets par habitant. Cette relation entre la sévérité de la politique environnementale, l'ouverture commerciale et le niveau du revenu par habitant, contraire à celle que l'on trouve pour les pays émergents et développés européens, peut s'expliquer par le niveau plus faible de la démocratie, une corruption plus marquée et l'inégalité des revenus. Pour le premier résultat nous pouvons nous appuyer sur les résultats de Damania, Fredriksson et List [2003, 2004] : l'ouverture commerciale augmente la sévérité de la politique environnementale, d'autant plus que les pays ont des gouvernements plus corrompus. De plus, l'ouverture commerciale a un « effet multiplicateur » dans ces pays, en augmentant à la fois la croissance économique et la sévérité de politique environnementale. Damania et Fredriksson (2003) montrent que l'ouverture commerciale, en augmentant la concurrence et en renforçant la substituabilité entre biens étrangers et domestiques, réduit le degré de collusion et la capacité de s'organiser en lobby, ce qui peut se traduire finalement par une politique environnementale plus sévère. Quant au deuxième résultat, il montre que, malgré l'augmentation de leurs revenus nets, les consommateurs ne sont pas encore en mesure d'exprimer leurs besoins et intérêts. De plus, le terme d'interaction a un coefficient négatif. Cela suggère que l'augmentation des revenus serait utilisée au détriment de la sévérité de la politique plutôt que pour la favoriser. Compte tenu de la distribution très inégale des revenus

[18] L'hypothèse « race to the bottom » est à la base de la crainte que le commerce international et l'investissement (plutôt que l'industrialisation généralement) ne fassent pression sur les normes environnementales des pays et endommagent ainsi l'environnement. Les chefs d'entreprises et des syndicalistes employés dans l'industrie sont toujours préoccupés par la concurrence internationale. Quand la réglementation domestique augmente leurs coûts, ils craignent de perdre leur compétitivité par rapport aux sociétés d'autres pays. Ils se plaignent d'une perte de ventes, d'emploi et d'investissement face aux concurrents étrangers. Levinson et Taylor [2004] constatent que les industries des Etats-Unis qui subissent la plus grande augmentation des coûts de contrôle de l'environnement ont en effet également connu les plus grandes augmentations des importations nettes. Ainsi les producteurs domestiques déclenchent-ils souvent l'alarme de la compétitivité comme pression politique sur leurs gouvernements, afin de réduire la sévérité de la politique environnementale. Pour certains, l'expression « race to the bottom » suggère que l'équilibre sera un monde sans réglementation environnementale. D'autres soulignent que dans la pratique ce n'est pas nécessairement une question de globalisation menant aux normes environnementales qui diminuent avec le temps, mais c'est plutôt le cas d'un retard d'augmentation progressive des normes environnementales. En général, le souci est que, *dans la mesure où les pays sont ouverts au commerce international et à l'investissement, les normes environnementales risquent d'être inférieures à ce qu'elles seraient autrement*.

dans les pays en transition, l'augmentation des niveaux de revenu par habitant pourrait être interprétée comme un enrichissement de certaines classes sociales seulement (voir par exemple le cas des oligarques russes). Confrontés à la concurrence internationale lors de l'ouverture commerciale, les entrepreneurs peuvent se servir de leurs revenus élevés pour payer des pots-de-vin, et agir contre une politique plus sévère. D'autres études, comme celles de Kempf et Rossignol [2005] et Magnani [2000] ont d'ailleurs montré que les inégalités de revenu nuisent à la sévérité de la politique environnementale. Afin de mieux comprendre ces résultats spécifiques aux pays en transition, une étude plus ample et rigoureuse analysant le rôle de l'ouverture commerciale est nécessaire. Cette étude fera l'objet d'un prochain article.

Conclusion

Le but de cette étude était de voir si les performances environnementales observées dans les pays en transition entre 1996 et 2001 étaient le résultat du changement de la structure économique et industrielle, ou si elles étaient plutôt dues à une amélioration de la politique environnementale. Nous avons développé un modèle théorique capable de répondre à cette question (modèle rendant compte simultanément de la demande de pollution et de la politique environnementale). Nous avons testé ce modèle sur les facteurs déterminants des émissions de CO_2 dans les pays en transition. Nos résultats confirment l'existence d'un effet d'échelle, de composition et technique, le dernier ayant l'impact marginal le plus important sur les émissions industrielles de CO_2.

Nous trouvons un effet positif de plusieurs variables sur les émissions de CO_2: le PIB, la part de l'industrie dans l'économie et les secteurs Textiles, Métallurgie, et Machines et Equipements renforcent la pollution. L'effet d'échelle est plus grand dans les pays en transition (par rapport aux pays développés européens où il joue moins). Quant à l'effet de structure, le poids du secteur manufacturier dans l'économie n'a pas joué sur la pollution entre 1996-2001 ni dans les pays en transition, ni dans les pays développés européens, alors qu'il a renforcé la pollution dans les pays émergents. En termes de structure industrielle du pays par contre, l'effet de composition a eu un impact sur la pollution dans les pays en transition. Nous pouvons conclure que les performances environnementales dans ces pays peuvent être expliquées en partie par un changement favorable de leur structure industrielle qui a pris la forme d'une augmentation du poids relatif des secteurs peu polluants.

L'effet technique est représenté dans notre étude par la réactivité des producteurs à un changement de la politique environnementale, qui se manifeste d'habitude par une modernisation et une amélioration de la technique de production. Cet effet réduit la pollution et il est supérieur aux deux effets précédents. Toutefois, si l'on prend en compte l'effet du commerce international, l'impact de la politique environnementale diminue. On pourrait conclure que l'effet technique est dû aussi à l'ouverture commerciale et à la nécessité de se mettre en conformité avec les normes techniques et environnementales internationales. En même temps, l'ouverture commerciale réduit directement les émissions de CO_2, mais son impact diminue pour les pays plus capitalistiques. Ce résultat est valable pour les pays développés et pour les pays émergents. Concernant les pays en transition, l'impact de l'ouverture commerciale sur les émissions de CO_2 est positif (l'ouverture renforce la pollution) mais cet effet s'atténue avec l'accumulation du capital. Leur structure économique très industrialisée et l'avantage comparatif dans la production (fortement polluante) de biens intensifs en capital au début de la transition, pourraient expliquer ce résultat. Ce n'est qu'avec l'accumulation d'un capital plus performant que ces pays ont pu moderniser leurs techniques de production et devenir plus performants en termes de dépollution.

Quant à la politique environnementale, elle est déterminée par la qualité institutionnelle du pays, les émissions industrielles de polluants courantes et passées, et les préférences des consommateurs par rapport à la qualité de l'environnement. L'instabilité politique et la corruption, ainsi que le prévoit le modèle théorique, exercent un effet négatif très marqué sur la sévérité de la politique environnementale pour les pays en transition ; cet effet est plus faible pour les autres groupes de pays. Nous trouvons aussi un effet

interdépendant de la corruption et de l'instabilité politique sur la sévérité de la politique environnementale. Finalement, suite à des tests de robustesse, on a pu constater que la politique environnementale est aussi déterminée par deux autres variables : la démocratie et l'ouverture commerciale. La première est fortement corrélée avec la qualité institutionnelle du pays et elle renforce la sévérité de la politique. Quant au commerce, on a vu que, dans le cas des pays émergents et des pays développés européens, l'ouverture commerciale réduit la sévérité de la politique environnementale, mais cet effet s'atténue pour les pays ayant des revenus par habitant plus élevés. Ces résultats confirment l'hypothèse « race to the bottom » dont l'effet est atténué une fois que les consommateurs deviennent plus riches et sont plus concernés par l'importance de la qualité de l'environnement en tant que bien public. Pour les pays en transition par contre, nous trouvons une relation inverse : l'ouverture commerciale augmente la sévérité de la politique environnementale, mais cet effet diminue avec l'augmentation des revenus par habitant, qui ne sont pas distribués équitablement dans ces pays. Il semble donc que l'inégalité des revenus et la faible démocratie dans ces pays représentent un obstacle à l'existence d'une relation entre le revenu net par habitant et la pollution en forme de Courbe Environnementale de Kuznets.

Pour conclure, les performances environnementales en termes d'émissions industrielles de CO_2 des pays en transition enregistrées entre 1996 et 2001 peuvent être expliquées par les facteurs suivants : le changement de la structure industrielle en faveur des secteurs moins intensifs en pollution, qui a déterminé une réduction de 16% de la pollution, et l'amélioration de la politique et gestion environnementale, qui explique à son tour une réduction d'environ 38%; par contre, la croissance de la production a exercé un effet négatif sur l'environnement (entraînant une augmentation d'environ 45% de la pollution). Nous trouvons aussi un impact significatif (ambigu : effet direct positif et effet indirect négatif, passant par l'intermédiaire de la sévérité de la réglementation) de l'ouverture commerciale sur la pollution industrielle de dioxyde de carbone. Ce dernier aspect mérite beaucoup plus d'attention et fera l'objet d'étude d'un prochain article.

Références

Alesina A. et Perotti R. [1996], Income distribution, political instability, and investment, *European Economic Review* 40(6), 1203-1228.

Alesina A., Özler S., Roubini N. et Swagel P. **[1996]**, Political Instability and Economic Growth, *Journal of Economic Growth* 1(2) , 189-211.

Antweiler W, Copeland B.R. et Taylor M.S. [2001], Is Free Trade Good for the Environment? *American Economic Review* 94(1), 877-908.

Arrow, K., Bolin R., Costanza P., Dasgupta P., Folke C., Holling C. S., Jansson B. O., Levin S., Maler K. G., Perrings C. et Pimentel D. [1995], Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment, *Science* 268, 520-521, April 28.

Beckerman W. [1992], Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment? *World Development* 20(4), 481-496.

Bergstrom T.C. et Goodman R.P. [1973], Private Demands for Public Goods, *American Economic Review* 63(3), 280-296.

Bernheim B. D. et Whinston M. D. [1986], Common Agency, *Econometrica* 54(4), 923-942.

Bimonte S. [2001], Model of Growth and Environmental Quality: A New Evidence of the Environmental Kuznets Curve, *Quaderni del Dipartimento di Economia Politica*, N. 321, Università degli Studi di Siena.

Bluffstone R. A. [2006], After a Dozen Years of Transition, Why are Dirty Industries in Central and Eastern Europe Generally Greener? PHASE 1, *A Report to the Swedish International Development Cooperation Agency and the University of Gothenburg*.

Bradford D., Schlieckert R. et Shore S. [2000], The Environmental Kuznets Curve: Exploring a Fresh Specification, *NBER Working Paper* no. 8001.

Cagatay S. et Mihci H. [2003], Industrial Pollution, Environmental Suffering and Policy Measures: An Index of Environmental Sensitivity Performance (IESP), *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 5(2), 205-245.

Chaudhuri S. et Pfaff A. [1998], Household Income, Fuel Choice, and Indoor Air Quality: Microfoundations of an Environmental Kuznets Curve, *mimeo*, Columbia University Economics Department.

Cole M.A., Elliott R. et Fredriksson P. G. [2006], Endogenous Pollution Havens: Does FDI Influence Environmental Regulations? *Scandinavian Journal of Economics* 108(1), 157–178.

Copeland B.R. et Taylor M. S. [2001], International Trade and the Environment: A Framework for Analysis, *NBER Working Paper* No. 8540, Oct.

Copeland Brian R. et Taylor M. S. [2004], Trade, Growth and the Environment. *Journal of Economic Literature* 42(1), 7-71.

Damania R. et Fredriksson P.G. [2003], Trade Policy Reform, Endogenous Lobby Group Formation, and Environmental Policy, *Journal of Economic Behavior and Organization* 52(1), 47-69.

Damania R., Fredriksson P.G. et J. List. [2003], Trade Liberalization, Corruption, and Environmental Policy Formation: Theory and Evidence, *Journal of Environmental Economics and Management* 46(3), 490-512.

Damania R., Fredriksson P.G. et J. List. [2004], The Multiplier Effect of Globalization, *Economics Letters* 83(3), 285-92.

Damania R., Fredriksson P.G. et Mani M. [2004], The Persistence of Corruption and Regulatory Compliance Failures, *Public Choice* 121(3-4), 363-90.

Dasgupta S., Mody A., Roy S. et Wheeler D. [1995], Environmental Regulation and Development: A Cross-Country Empirical Analysis, *Policy Research Working Paper* N° 1448, Washington: World Bank.

Dean J. [1992], Trade and the Environment: A Survey of the Literature, *in Patrick Low*, *ed*., *International Trade and the Environment*, World Bank Discussion Paper No. 159.

Dean J. [2002], Does trade liberalization harm the environment? A new test. *Canadian Journal of Economics*, 35(4), 819-842.

Dixit A., Grossman G. et Helpman E. [1997], Common agency and coordination: General theory and application to government policymaking, *Journal of Political Economy*, 105(4), 753-769.

Eiras A. et Schaefer B. [2001], Trade: The Best Way to Protect the Environment, *Backgrounder*, *The Heritage Foundation* no. 1480, September 27.

Eliste P. et Fredriksson P.G. [2002], Environmental regulations, transfers, and trade: theory and evidence. *Journal of Environmental Economics and Management* 43 (2), 234–250.

Frankel J.A. et Rose A. K. [2005], Is Trade Good or Bad for the Environment? Sorting out the Causality*, Review of Economics and Statistics* 87(1), 85-91.

Fredriksson P.G. et Svensson J. [2003], Political Instability, Corruption and Policy Formation: The Case of Environmental Policy, *Journal of Public Economics* 87(7-8), 1383-1405.

Fredriksson P.G., Neumayer E., Damania R. et Gates S., [2005], Environmentalism, Democracy, and Pollution Control, *Journal of Environmental Economics and Management* 49(2), 343-65.

Grossman G.M. et Helpman E. [1994], Protection for Sale*, American Economic Review* 84(4), 833-50.

Grossman G.M. et Krueger A.B. [1993], Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement, *in P.M. GARBER (ED.), The Mexico-US Free Trade Agreement, Cambridge, MA: MIT Press*.

Grossman G.M. et Krueger A.B. [1995], Economic Growth and the Environment, *Quarterly Journal of Economics* 110(2), 353-377.

Harbaugh W., Levinson A. et Wilson D. [2000], Re-examining the Empirical Evidence for an Environmental Kuznets Curve, *NBER Working Paper* No. 7711.

Hilton F.G. H. et Levinson A. [1998], Factoring the Environmental Kuznets Curve: Evidence from Automotive Lead Emissions, *Journal of Environmental Economics and Management* 35, 126-141.

Hökby S. et Söderqvist T. [2003], Elasticities of Demand and Willingness to Pay for Environmental Services in Sweden, *Environmental and Resource Economics*, *Volume* 26(3), 361-383.

Kaufmann D., Kraay A. et Mastruzzi M. [2003], Governance Matters III: Governance Indicators for 1996-2002, *Economics Working Paper Archive EconWPA in its series Macroeconomics with number* 0308006.

Kempf H. et Rossignol S. [2005], Is Inequality Harmful for the Environment in a Growing Economy? *Working Paper 2005.5, Fondazione Eni Enrico Mattei.*

Kriström B. et Riera P. [1996], Is the Income Elasticity of Environmental Improvements Less Than One? *Environmental and Resource Economics* 7**,** 45-55.

Levinson A. et Taylor M.S. [2004], Trade and the Environment: Unmasking the Pollution Haven Effect, *National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper No. 10629*.

Lopez R. et Mitra S. [2000], Corruption, Pollution and the Kuznets Environment Curve. *Journal of Environmental Economics and Management* 40(2), 137-150.

Lucas R., Wheeler D. et Hettige H. [1992], Economic Development, Environmental Regulation, and the International Migration of Toxic Industrial Pollution, 1960-1988, *International Trade and the Environment, Ed. Patrick Low* (Washington DC: World Bank).

Magnani E. [2000], The Environmental Kuznets Curve, environmental protection policy and income distribution, *Ecological Economics 32(3), 431-443.*

Makdissi P. et Wodon Q. [2003], Corruption, Inequality and Environmental Regulation, Université de Sherbrooke Working Papers 03-04.

Mani M. et Wheeler D. [1998], In search of pollution havens? Dirty industry in the world economy, 1960-1995, *Journal of Environment and Development* 7(3), 215-247.

Pelligrini L. et Gerlagh R. [2005], An Empirical Contribution to the Debate on Corruption, Democracy and Environmental Policy, *Working Paper 2005.8, Fondazione Eni Enrico Mattei*.

Porter M.E. et van der Linde C. [1995], Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship, *Journal of Economic Perspectives* 9(4), 97-118.

Selden T. et Song D. [1994], Environmental quality and development: Is there a Kuznets curve for air pollution? *Journal of Environmental Economics and Environmental Management* 27, 147-162.

Söderholm P. [2001], Environmental Policy in Transition Economies: Will Pollution Charges Work?, *Journal of Environment and Development* 10(4), 365-390.

Svensson J. [1998], Investment, property rights and political instability: Theory and evidence, *European Economic Review* 42, 1317-134.

Walters A. [1975], Noise and Prices, *Oxford University Press*, Oxford.

Welsch H. [2003], Corruption, Growth and the Environment: A Cross-Country Analysis, *German Institute for Economic Research, Discussion Paper* 357, Berlin.

Xepapadeas A. et de Zeeuw A. [1999], Environmental Policy and Competitiveness: The Porter Hypothesis and the Composition of Capital, *Journal of Environmental Economics and Management* 37(2), 165-182.

Annexe A

Faits stylisés

Figure 1 - Emissions industrielles de CO2 par habitant

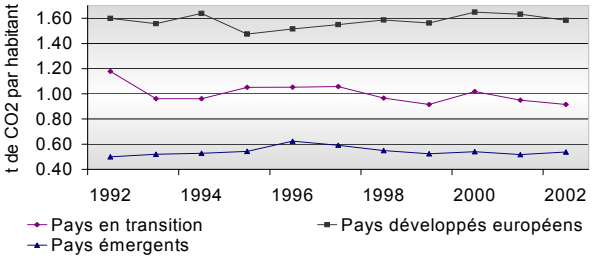


Figure 2 - PIB par habitant (par rapport à l'année 1990)

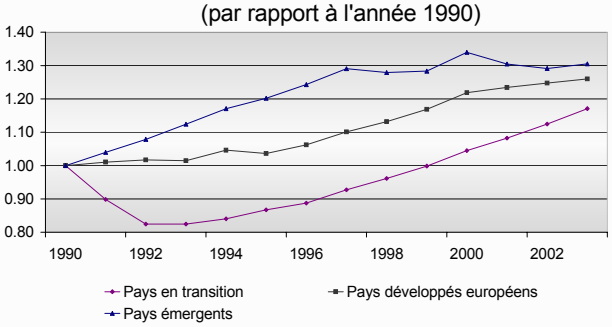


Figure 3 - Emissions industrielles de CO2 par 1 US$ de PIB (prix constants 2000)

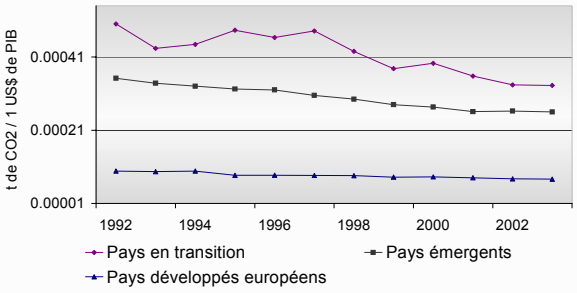


Figure 4 - Emissions industrielles de CO2 par 1 US$ de production manufacturière (prix constants 2000)

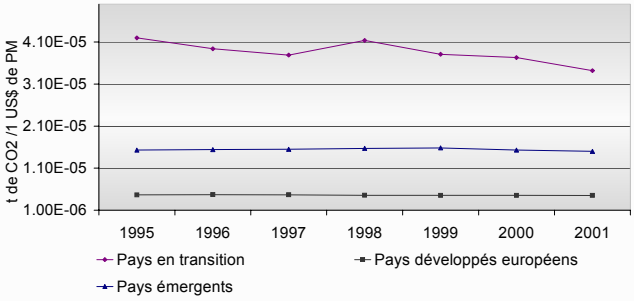


Figure 5 - Structure économique des pays en transition

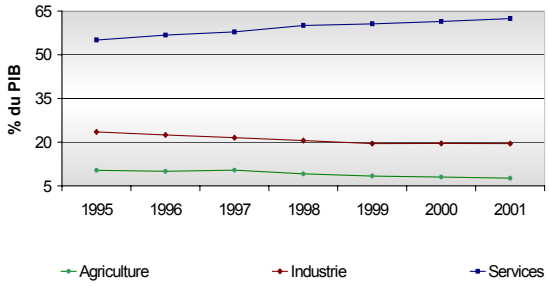


Figure 6 - Structure industrielle des pays en transition

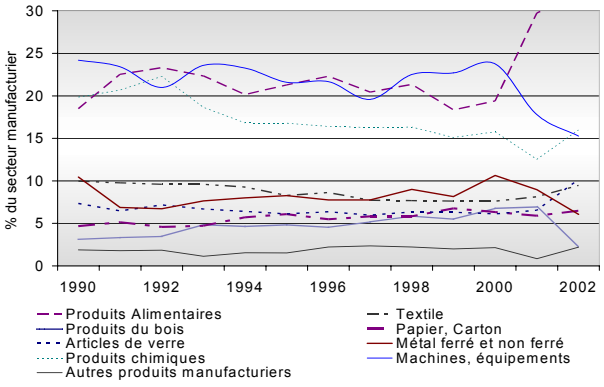


Figure 7 - Ouverture commerciale

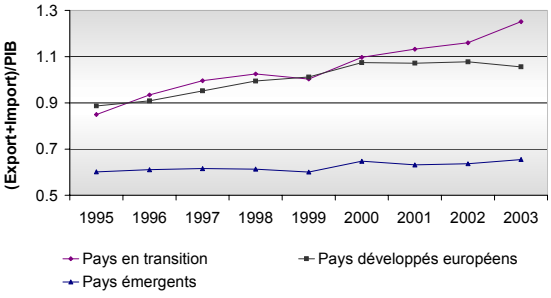
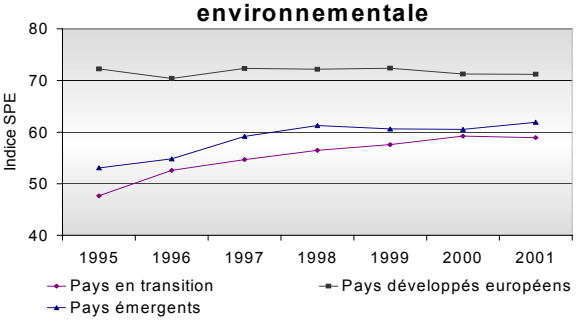


Figure 8 - Sévérité de la politique environnementale



Sources : Données sur les émissions de CO_2 – AIE; PIB, ouverture commerciale et structure économique des pays – Banque Mondiale; Données sur les secteurs manufacturiers – ONUDI et Sévérité de la politique environnementale – indice créé par les auteurs.

Liste des pays analysés dans l'étude empirique

Pays en transition : Bulgarie, Hongrie, Géorgie, Lettonie, Moldavie, Pologne, Russie, Slovénie, Slovaquie

Pays émergents : Argentine, Chili, Chine, Colombie, Chypre, Indonésie, Inde, Iran, Israël, Maroc, Mexique, Malte, Malaisie, Pakistan, Pérou, Philippines, Singapour, Turquie, Venezuela

Pays développés européens : Autriche, Belgique, Allemagne, Espagne, Finlande, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Pays-Bas, Norvège, Portugal, Suède

Descriptions des variables

Tableau 1 - Définitions et sources des variables utilisées

Nom	Définition	Source
CO2ind	Emissions industrielles d'oxyde de carbone, en kT	Agence Internationale de l'Energie
PIB_const	PIB en dollars USA, prix constants 2000	Indicateurs du développement dans le monde 2005 de la Banque Mondiale
Ouverture	Ouverture commerciale. Calculée par la méthode de base utilisée dans les statistiques internationales : (Exports+Imports)/PIB	Indicateurs du développement dans le monde 2005 de la Banque Mondiale
VA_TOT_PIB	Part de la valeur ajoutée du secteur manufacturier dans le PIB	Base de données INDSTAT3 du Programme des Nations Unies pour le Développement Industriel
VA_Alim	Part du sous – secteur Produits alimentaires dans la valeur ajoutée du secteur industriel total	Base de données INDSTAT3 du Programme des Nations Unies pour le Développement Industriel
VA_Text	Part du sous – secteur Textiles dans la valeur ajoutée du secteur industriel total	Base de données INDSTAT3 du Programme des Nations Unies pour le Développement Industriel
VA_Bois	Part du sous – secteur Produits de bois dans la valeur ajoutée du secteur industriel total	Base de données INDSTAT3 du Programme des Nations Unies pour le Développement Industriel
VA_Papier	Part du sous – secteur Papier, carton dans la valeur ajoutée du secteur industriel total	Base de données INDSTAT3 du Programme des Nations Unies pour le Développement Industriel
VA_Verre	Part du sous – secteur Articles de Verre dans la valeur ajoutée du secteur industriel total	Base de données INDSTAT3 du Programme des Nations Unies pour le Développement Industriel
VA_Metal	Part du sous – secteur Produits du Métal ferré et non ferré dans la valeur ajoutée du secteur industriel total	Base de données INDSTAT3 du Programme des Nations Unies pour le Développement Industriel
VA_Chim	Part du sous – secteur Produits chimiques dans la valeur ajoutée du secteur industriel total	Base de données INDSTAT3 du Programme des Nations Unies pour le Développement Industriel
VA_Mach	Part du sous – secteur Machines, équipements, installations dans la valeur ajoutée du secteur industriel total	Base de données INDSTAT3 du Programme des Nations Unies pour le Développement Industriel
VA_Autres	Part du sous – secteur d'Autres produits manufacturiers dans la valeur ajoutée du secteur industriel total	Base de données INDSTAT3 du Programme des Nations Unies pour le Développement Industriel
SPE	Indice de la sévérité de la politique environnementale	Calculé par les auteurs
Revenu	Revenu net par habitant, dollars courants internationaux en PPA	Indicateurs du développement dans le monde 2005 de la Banque Mondiale
Chômage	Taux du chômage, % du total de la main d'œuvre	Indicateurs du développement dans le monde 2005 de la Banque Mondiale
Instab_pol	Indice d'Instabilité politique (voir des explications dans la section 4)	Kaufmann et al. [2003]
Corrup	Indice de Corruption (voir des explications dans la section 4)	Kaufmann et al. [2003]
FREE	C'est une variable muette prenant la valeur 1 si le pays est considéré démocratique et 0 sinon. En fait, elle prend la valeur 1 si la moyenne des deux variables de Freedom House : « Droits politiques » et «Libertés civiles » est comprise entre 1.0 et 2.5 (ce qui dénote un niveau élevé de libertés)	FREEDOM HOUSE
Ouv_KL	Terme d'interaction entre l'ouverture commerciale et le rapport stock du capital / main d'œuvre. Le stock du capital est calculé en utilisant la formule suivante: Création du capital fixe $_t$ + 0.95*Stock du capital $_{t-1}$. En raison de disponibilité de données, en tant que stock de base on a pris le capital fixe créé en 1989.	Indicateurs du développement dans le monde 2005 de la Banque Mondiale
Ouv_Revenu	Terme d'interaction entre l'ouverture commerciale et le revenu net par habitant.	Indicateurs du développement dans le monde 2005 de la Banque Mondiale
Corr_instab	Terme d'interaction entre la corruption et l'instabilité politique.	Kaufmann et al. [2003]
Pem et PdEU	Variables muettes pour les pays émergents et les pays développés européens, respectivement	Construites par les auteurs

Note : Les variables suivies du chiffre 1 sont retardées d'une année.

Tableau 2 - Statistiques descriptives des variables

Variable	Obs	Moyenne	Ecart type	Min	Max
CO2ind [kT]	158	76032,38	197351	15	1266205
PIB_const [US$_2000]	158	2,37e+11	3,38e+11	1,37e+09	1,87e+12
VA_TOT_PIB	158	18,06111	7,420592	6,92014	47,54767
VA_Alim	158	0,189233	0,101398	0,020772	0,646439
VA_Text	158	0,080827	0,054830	0,009300	0,261290
VA_Bois	158	0,040620	0,039312	0,002800	0,254161
VA_Papier	158	0,070486	0,040088	0,016845	0,234198
VA_Verre	158	0,056198	0,031448	0,000281	0,161988
VA_Metal	158	0,064643	0,053545	0,001464	0,305955
VA_Chim	158	17,84934	7,087551	1,273693	37,85828
VA_Mach	158	0,302978	0,146628	0,075195	0,684499
VA_Autres	158	0,012230	0,013966	0,000606	0,066664
Ouverture	147	0,785694	0,404891	0,194812	2,289083
Revenu [$ PPA]	158	13133,27	8870,437	1475,94	35460,04
Chômage [%]	148	8,33223	4,400743	2,1	20,9
Corrup	158	2,309192	1,080731	0,441552	4,07911
Instab_pol	158	2,550534	0,902588	1,276019	4,848742
FREE	142	0,661971	0,474712	0	1
SPE	**158**	**63,20464**	**15,03569**	**30,3642**	**90,22932**
AEM	*158*	*14,8038*	*2,985013*	*8*	*23*
Resp_care	*158*	*1,449367*	*0,885462*	*0*	*2*
ECOLEX_reg	*158*	*0,848101*	*0,360064*	*0*	*1*
ONG_par_Mln.Habitants	*158*	*353,3323*	*596,8836*	*1,7*	*5471,263*
Iso14001_par_Mrd$PIB	*158*	*0,594535*	*1,026524*	*0*	*6,945863*

Tableau 3 - Corrélations entre les variables

	CO2ind	PIB _const	VA_TOT _PIB	VA _Alim	VA _Text	VA _Bois	VA _Papier	VA _Verre	VA _Metal	VA _Chim	VA _Mach	VA _Autres	SPE	Ouverture	Revenu	Chômage	Corrup	Instab_pol	FREE
CO2ind	***1.0000***																		
PIB_const	***0.5274***	1.0000																	
VA _TOT_PIB	***0.0324***	-0.0686	1.0000																
VA_Alim	***-0.1220***	-0.3079	-0.1894	1.0000															
VA_Text	***0.1435***	-0.0709	-0.2176	0.1859	1.0000														
VA_Bois	***-0.1875***	-0.1423	-0.0729	-0.1231	0.0730	1.0000													
VA_Papier	***-0.2505***	-0.1083	-0.0829	-0.2507	-0.4353	0.2520	1.0000												
VA_Verre	***0.0442***	-0.0640	-0.1201	0.2893	0.4026	-0.2211	-0.2586	1.0000											
VA_Metal	***0.2242***	0.0552	-0.0393	-0.0396	-0.0674	-0.0987	0.0544	-0.1138	1.0000										
VA_Chim	***0.1175***	-0.0184	0.3331	0.1071	0.0555	-0.5755	-0.4120	0.2291	0.1200	1.0000									
VA_Mach	***0.1014***	0.4163	0.2343	-0.7790	-0.4561	0.0004	0.2439	-0.3692	-0.2396	-0.1741	1.0000								
VA_Autres	***0.0625***	-0.0546	0.1082	-0.1262	0.0904	0.0323	-0.0121	0.0045	0.2462	-0.1228	-0.0078	1.0000							
SPE	***-0.2563***	0.0195	0.1998	-0.4375	-0.4063	-0.0931	0.4887	-0.3689	0.1545	-0.0669	0.3763	0.0779	***1.0000***						
Ouverture	***-0.2585***	-0.2994	0.5871	-0.1372	-0.3399	0.1533	-0.0227	-0.0975	-0.2456	0.0732	0.2863	0.0813	***0.1783***	1.0000					
Revenu	***-0.2623***	0.1664	0.0072	-0.4732	-0.5532	0.1507	0.6428	-0.3032	-0.1362	-0.3972	0.5720	0.0409	***0.5454***	0.1530	1.0000				
Chômage	***-0.2797***	-0.1446	-0.0623	0.3670	0.2095	0.1029	-0.0958	0.2037	-0.3339	-0.0091	-0.3269	0.0191	***-0.3151***	-0.2144	-0.1966	1.0000			
Corrup	***0.2458***	-0.0415	-0.1975	0.4484	0.5860	-0.1141	-0.7067	0.2056	0.0493	0.2829	-0.5202	0.0310	***-0.5653***	-0.2316	-0.8706	0.2038	1.0000		
Instab_pol	***0.1439***	-0.0868	-0.2478	0.3421	0.4606	-0.2548	-0.5133	0.1034	-0.0094	0.4340	-0.3519	-0.1305	***-0.4853***	-0.3205	-0.6847	0.1108	0.7906	1.0000	
FREE	***-0.3424***	-0.0274	0.0224	-0.2443	-0.3112	0.2187	0.3906	-0.3004	0.0306	-0.4056	0.2472	0.1787	***0.3669***	0.0119	0.6370	0.1300	-0.6274	-0.6674	1.0000

Annexe C

Résultats empiriques

Tableau 4 - Tests du modèle théorique: groupe de référence - pays en transition. Analyse de l'effet d'échelle (PIB), de structure et de technique (politique environnementale - SPE).

Variable	DMC	TMC
CO2ind		
PIB_const	**1.3617358*** **	**1.356541*** **
VA_TOT_PIB	**.65483529*** **	**.63739896*** **
VA_Alim	-.10427694	-.13010772
VA_Text	**.39213129*** **	**.37144788*** **
VA_Bois	**-.45552281*** **	**-.42828706*** **
VA_Papier	.19920818	.18799551
VA_Verre	**-.15561179** **	**-.14977815** **
VA_Metal	**.28515062*** **	**.27898993*** **
VA_Chim	-.23020487	-.21465705
VA_Mach	**.41572937* **	**.37281691* **
VA_Autres	.00680951	.01261936
SPE	**-3.1196324*** **	**-3.0958859*** **
Pem_SPE	**2.9189092*** **	**2.6169334*** **
PdEU_SPE	**-.46233046*** **	**-.45813645*** **
Pem_PIB	**-.28168784** **	**-.25922327** **
PdEU_PIB	**-.50782514*** **	**-.50185832*** **
Pem	-5.3153812	-4.6400093
PdEU	14.348568***	14.174224***
cons	-14.285011***	-14.01442***
SPE		
CO2ind	**.02844695* **	**.02670516* **
CO2ind_var_5	**.19824671* **	**.1740874* **
Revenu_1	**.12521747** **	**.13686961** **
Chômage_1	-.04414111	-.04340121
Instab_pol	**-2.5809476* **	**-2.5404635* **
Corrup	**-1.6036043* **	**-1.703509* **
Corr_instab	**1.7109131* **	**1.7452678* **
Pem_instab	**2.449516* **	**2.3832727* **
PdEU_instab	2.1813292	**2.1832191* **
Pem_corr	**1.5556151* **	**1.6351553* **
PdEU_corr	1.3512569	**1.5007182* **
Pem_corr_instab	-1.6265585	**-1.6202418* **
PdEU_corr_instab	-1.3294685	-1.4403477
Pem	-2.2347761**	-2.2555675**
PdEU	-2.0470175*	-2.1043345**
cons	4.1581495***	4.2105884***

(cont…)

(suite…)

Tests et Statistiques	DMC	TMC
N	145	145
R-sq:		
-CO2ind	0.9336	0.9330
-SPE	0.5076	0.5060
Wald test, F (p-value)[a]:		
-CO2ind	100 (0.00)	2072.43 (0.00)
-SPE	8.86 (0.00)	142.22 (0.00)
Wu-Hausman test, F (p-value)[b]:		
-Revenu	9.79 (0.00)	
-Chômage	4.14 (0.04)	
Hausman (LM form), chi2 (p-value)[c]:		
-CO2ind	0.00 (1.00)	
-SPE	0.00 (1.00)	
Hausman specification test[d]:		
DMC versus TMC, chi2 (p-value)	9.77 (0.9392)	

Légende: * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

a- Les tests Wald et Likelihood ratio donnent des conclusions très semblables : ils testent si un effet existe ou pas. Dans ce cas, l'hypothèse nulle est que les coefficients des variables explicatives sont égaux à zéro. Etant donné les F-statistiques calculés, nous rejetons l'hypothèse nulle.

b- Ce test nous indique si les variables Revenu et Chômage sont endogènes. Comme les p-values sont inférieures à 5%, nous rejetons l'hypothèse nulle (hypothèse nulle : les variables sont exogènes). Le test nous indique que ces variables sont endogènes et doivent être instrumentées. Les instruments retenus, utilisés dans ces équations, sont les valeurs de ces variables retardées d'une année (qui soumis au même test sont reconnus étant exogènes).

c- Le test Hausman (forme Multiplicateur du Lagrange). H_o : Les variables dans *X* sont exogènes (non corrélées avec le terme d'erreur). Ce test nous confirme que les variables explicatives, sauf celles qui apparaissent simultanément dans les deux équations (CO2ind et SPE), sont exogènes.

d- Le test de spécification Hausman montre que pour l'estimation de notre modèle, la méthode des triples moindres carrés est consistante et efficace, tandis que celles des doubles moindres carrés n'est que consistante. Notre système de deux équations est donc bien spécifié et la méthode d'estimation donnant les estimateurs structurels (de système) est efficace.

Tableau 5 - <u>Tests du modèle théorique</u>: groupe de référence - Pays en transition. Analyse de l'effet de structure.

Variable	A	B	C	D	E	F
CO2ind						
PIB_const	1.0484449***	1.0177425***	1.0702266***	1.098323***	1.0587819***	1.0945513***
VA_TOT_PIB	*-.80460284*	.46344492**	.31408734*	.4700035**	.46718647*	.67515108***
Pem_VA_TOT_PIB	**1.5388508***					
PdEU_VA_TOT_PIB	*1.0149133*					
VA_Alim	.00747363	-.10491867	-.24822171	-.0480484	-.06744039	-.13181516
VA_Text	.26947898***	**-.50971242***	.23374697**	.26478168***	.23211681**	.26274907**
VA_Bois	-.39217424***	-.30908275***	**-.7861907*****	-.26724601**	-.36111625***	-.43900738***
VA_Papier	.08756076	.03182041	.07309078	**-.64537182***	.10614097	.27372292
VA_Verre	-.16003551***	-.10964394*	-.09973803*	-.13604517**	-.14826658**	-.16446735**
VA_Metal	.24071306***	.21360227***	.26628698***	.18763442**	**.23555042***	.27372479***
VA_Chim	-.01482103	-.14359551	-.18696537	.08940297	-.0786487	-.2224375
VA_Mach	.35948557*	.26678937	.20308809	.1512603	.37048299	**1.2659002****
VA_Autres	.15552877**	.14744442**	.12806235*	.15387332**	.10656054	.0504785
SPE	-2.1769275***	-2.1181372***	-2.9130779***	-2.4167666***	-3.0149923***	-3.9522888***
Pem_SPE	1.602022*	1.7292189**	2.2456276***	1.854526**	2.307117***	3.1563664***
PdEU_SPE	-.46157565***	-.44585323***	-.47081157***	-.41980858***	-.46061655***	-.48081938***
Pem	-11.040945***	-8.8121936***	-9.8801907***	-8.5904179***	-9.638408***	-10.054634***
PdEU	-1.3647544	.00953471	1.4460784***	-.92125578	1.5854371***	6.3818144***
Pem_Text		**.87897646*****				
PdEU_Text		**.73194083*****				
Pem_Bois			**.62269197*****			
PdEU_Bois			*.20612926*			
Pem_Papier				*.4264309*		
PdEU_Papier				**1.1616801*****		
Pem_Metal					*.05322456*	
PdEU_Metal					*.00963688*	
Pem_Mach						**-.97705641***
PdEU_Mach						**-1.4224506*****
cons	-6.6880756**	-7.3198886***	-5.2596193*	-8.7945255***	-6.7750562**	-6.8962033*
SPE						
CO2ind	.02718308*	.02792398*	.02729925*	.02595783*	.02586242*	.02618926*
CO2ind_var_5	.17676695*	.18913657*	.18225875*	.17237293*	.16607791*	.16476505*
Revenu_1	.134334**	.12877921**	.13046521**	.13112352**	.13417622**	.14215651***
Chômage_1	-.04394252	-.04287668	-.04418552	-.04230581	-.04406304	-.04419639
Instab_pol	-2.4743749*	-2.6015488**	-2.5566498*	-2.4738054*	-2.4274348*	-2.5927122**
Corrup	-1.5790596*	-1.6765463*	-1.6781145*	-1.6491343*	-1.6097537*	-1.7106897*
Corr_instab	1.6448238*	1.7592099*	1.7374134*	1.6828711*	1.6353512*	1.7700665*
Pem_instab	2.3218334*	2.4673813*	2.4216817*	2.3164018*	2.2727788*	2.4177746*
PdEU_instab	2.1264906*	2.2210873*	2.2012384*	2.1001341*	2.0993354*	2.2897912*
Pem_corr	1.5129254*	1.6226493*	1.6261933*	1.5846435*	1.544136*	1.6290555*
PdEU_corr	1.3639586	1.4463796	1.461204	1.4366611	1.4163333	1.532838*
Pem_corr_instab	-1.5269552	-1.6643508*	-1.6422654*	-1.5640712	-1.5140251	-1.6239099*
PdEU_corr_instab	-1.3305936	-1.4166862	-1.4191575	-1.3721519	-1.3641132	-1.5160764
Pem	-2.1675146**	-2.2803445**	-2.2621697**	-2.1964979**	-2.1642453**	-2.2747314**
PdEU	-2.0183989**	-2.1022436**	-2.0969401**	-2.0336952**	-2.0214862**	-2.1636535**
cons	4.1287759***	4.215859***	4.2232221***	4.2190929***	4.1895121***	4.24286***
Statistiques						
N	145	145	145	145	145	145
R-sq:						
-CO2ind	0.9293	0.9330	0.9279	0.9306	0.9163	0.9181
-SPE	0.5066	0.5073	0.5070	0.5066	0.5058	0.5042

Légende: * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

Tableau 6 - <u>Tests de robustesse. Modèle de base (modèle théorique) avec d'autres variables explicatives</u>: A – modèle de base, tous les pays; B – ajout de la variable FREE (démocratie), tous les pays; C – ajout de l'ouverture commerciale, tous les pays; D – groupe de référence - Pays en transition

Variable	A	B	C	D
CO2ind				
PIB_const	1.0843448***	1.0455027***	1.0714647***	1.2116038***
VA_TOT_PIB	.50241028**	.5606948**	.91349563***	.78264703***
VA_Alim	.13691929	-.00444836	.34274542*	.19082945
VA_Text	.12031699	.27293431**	.34010805***	.14364536*
VA_Bois	-.06511731	-.36944932***	-.14129501	-.00160553
VA_Papier	-.35653683	.152367	.21732167	.12966525
VA_Verre	-.04816367	-.16539862**	-.08572943	-.04986696
VA_Metal	.39056899***	.26044602**	.27409735***	.19980948***
VA_Chim	.06786923	-.09371718	-.20387176*	-.10502795
VA_Mach	-.15909488	.41394725*	.53505382*	-.08842039
VA_Autres	.19484176**	.12996057*	-.00273112	.01187843
SPE	-1.7290046***	-3.3434014***	-2.8177692***	-1.1669418***
Pem_SPE		2.5323242***	2.5306655***	
PdEU_SPE		-.45593867***	-.30036021***	
Ouverture			**-4.0965202*** **	**11.330853*** **
Ouv_KL			**.42128652*** **	**-1.3030641*** **
PdEU_Ouverture				**-27.388014*** **
Pem_Ouverture				**-16.783186*** **
PdEU_Ouv_KL				**2.7939911*** **
Pem_Ouv_KL				**1.9188179*** **
Pem		-10.294055***	-10.580148***	-.33335484*
PdEU		1.8612012***	1.1970841***	-.80809257***
cons	-12.077604***	-5.9616072*	-11.544702***	-18.689113***
SPE				
CO2ind	.02699839*	.01619025	.0213682	.02263013
CO2ind_var_5	.15471469*	.16680903**	.19545667**	.20417602***
Revenu_1	.16656209***	.1814487***	.21418585***	.5190311***
Chômage_1	-.04970307	-.06702851*	-.04066442	.08292274*
Instab_pol	-.11058921	-.38814287**	-.37416869**	-.6271968***
Corrup	-.01429112	-.15615596*	-.13119279*	-.14810244*
Corr_instab	.00621223	.39127013***	.37139076***	.47793081***
FREE		**.11117848** **	**.1134893* **	**.17123683*** **
Ouverture			*-.72052466*	**11.26781*** **
Ouv_Revenu_1			**.08443703* **	**-1.2361954*** **
PdEU_Ouverture				**-16.412491*** **
Pem_Ouverture				**-14.553584*** **
PdEU_Ouv_Revenu_1				**1.7631801*** **
Pem_Ouv_Revenu_1				**1.6207193*** **
PdEU				-.30164127***
Pem				.30078041***
cons	1.8189521**	1.7701694***	1.2260639*	-1.7815255*
Statistiques				
N	145	134	127	127
R-sq:				
-CO2ind	0.8525	0.9070	0.9310	0.9450
-SPE	0.3922	0.5000	0.5142	0.5939

Légende: * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001